

ESCOLA NAVAL

DEPARTAMENTO DE FUZILEIROS



**Caderno de Provas para Avaliação de Sensores
Eletro-óticos em Ambiente de Defesa Portuária**

Filipe Miguel Torres Côrte-Real

MESTRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NAVAIS

(RAMO DE FUZILEIROS)

2013

ESCOLA NAVAL

DEPARTAMENTO DE FUZILEIROS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS MILITARES
NAVAIS**

**Caderno de Provas para Avaliação de Sensores
Eletro-óticos em Ambiente de Defesa Portuária**

O Mestrando,
(assinado no original)

O Co-Orientador
(assinado no original)

O Orientador
(assinado no original)

ASPOF FZ Torres Côrte-Real

Capitão-de-Corveta Leandro Teixeira

1TEN TSN-EIO Gonçalves Deus

Epígrafe

*“You can fix it now on the drafting board with an eraser or you can fix it
later on the construction site with a sledgehammer”*

Frank Lloyd Wright

Agradecimentos

Antes de iniciar a minha dissertação gostaria de expressar os meus agradecimentos a todas as pessoas que me apoiaram e tornaram a sua concretização possível:

- Ao meu Orientador 1TEN TSN-EIO Gonçalves Deus, pela disponibilidade permanente demonstrada, sabedoria, amizade e inestimável contributo na estruturação, orientação e redação desta Dissertação de Mestrado. Pelo seu sentido prático, que permitiu sistematicamente tornar simples o que parecia impossível. Não teria sido possível sem ele.

- Ao meu Co-orientador Capitão-de-Corveta Leandro Teixeira, pelos valiosos contributos e conhecimentos passados ao longo de todo o processo de elaboração desta Dissertação de Mestrado.

- Ao Departamento de Fuzileiros da Escola Naval, e em especial ao 1TEN FZ Silva Filipe e 1TEN FZ Drago Gonçalves, pelos ensinamentos passados, eterna paciência, e dedicação no processo que foi me formar como cadete, e ainda hoje como Fuzileiro.

- Aos meus “Filhos da Escola”, irmãos de classe, ASPOF FZ Pestana Lozano e ASPOF FZ Reis Faria, por todas as alegrias, tristezas e adversidades que passámos juntos, no caminho “atípico” que escolhemos seguir.

Por último gostaria de agradecer à minha mãe por toda a sua atenção, apoio e incentivo, mesmo quando não concordava com as minhas escolhas. Ao meu pai, pela presença mais assídua na minha vida desde o início do meu curso. Ao meu irmão Luís, por ser tudo aquilo que um irmão deve ser, pelo apoio, vivências partilhadas, e eterna cumplicidade. À Ana, pelo amor e carinho que alegra os meus dias.

Dedicatória

Quero dedicar esta dissertação ao meu irmão Frederico, por ao longo da minha vida ter sido irmão, pai, amigo e camarada, por nunca ter desistido de mim e pelos sacrifícios imensuráveis que fez. Devo-lhe o homem feliz e militar que sou hoje.

Resumo

No âmbito do item #2 (*Protection of Harbours and Ports*) – *Defence against Terrorism Programme of Work* (DAT PoW), a Marinha Portuguesa propôs o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão, denominado SAFEPORT, que pretende apoiar o planeamento das operações de segurança relacionadas com a defesa portuária aquando da presença de uma força NATO numa zona portuária potencialmente hostil. No âmbito da defesa portuária interessa conhecer qual a capacidade de deteção do par sensor/alvo na área a ser monitorizada, aplicando, para o efeito, conceitos da teoria de busca em ambiente marítimo e modelação de performance de sensores. Sendo assim, a elaboração de um caderno de provas para avaliação de sensores Eletro-óticos é um requisito fundamental. Este visa a recolha de dados a partir de experiências de campo que possibilitem a estimação da capacidade de deteção de um sensor relativamente a um alvo em condições operacionais e ambientais específicas.

A elaboração deste caderno é baseada nos conceitos de Avaliação Operacional (AO), atividade desenvolvida em âmbito militar por alguns países, como Estados Unidos da América, Austrália e Brasil e tem por objetivo entregar para soldados, marinheiros e fuzileiros sistemas aptos a cumprir uma missão de combate.

O caderno é composto por um plano de teste e um plano de avaliação para a realização de experiências de campo com vista à recolha de dados para a estimar os modelos de deteção de sensores eletro-óticos. São identificados os Aspetos Críticos, os Elementos Essenciais de Análise (EEA), as instruções para a condução de experiência de campo com controlo das variáveis para as quais se pretende recolher informação e a Metodologia de Análise.

É também averiguada uma alternativa para o local da realização da experiência de campo, face à opção atualmente em estudo pelo GT-DATPOW. Finalmente são tecidas algumas considerações sobre a aplicação da AO na Marinha Portuguesa.

Palavras-chave: Sensores Eletro-óticos, Avaliação Operacional, Teoria de Busca, Critério de Johnson.

Abstract

Within the item #2 (*Protection of Harbours and Ports*) – *Defence against Terrorism Programme of Work* (DAT PoW) the Portuguese Navy leadership proposed the development of an Decision Support System, named SAFEPORT, to support operations planning in an harbour defence scenario with a NATO expeditionary fleet and a terrorist threat is assumed. When considering harbour defence, it is of particular interest to determine sensor/target combined detection capability within a monitored area, using concepts, such as search theory and sensor performance modelling to achieve it. As a result, the elaboration of an electro-optic evaluation test book is a root requirement. This test book aims to estimate a sensor's detection capability regarding a target within specific operational and environmental conditions, through the conduction of field trials.

The elaboration of a test book is based upon the concepts of Operational Test and Evaluation, a military related activity developed in some countries, such as the United States, Australia and Brazil, which has the objective of providing soldiers, sailors and marines combat mission ready and fit systems.

A test book is composed by a test and an evaluation plans, in order perform field trials with the intent of gathering data to estimate the electro-optic sensor's models of detection. Critical Aspects, Analysis Essential Elements, the field trial's intended variable collection control instructions and Analysis Methodology are identified.

An alternative location for the field trials realization, in light of the GT-DATPOW's current option, is also ascertained. Finally, some light is shed regarding the application of the Operational Test and Evaluation within the Portuguese Navy.

Key-words: Electro optical sensors, Test and Evaluation, Search Theory, Johnson's Criteria.

Lista de Acrónimos

AO	Avaliação Operacional
ASWORG	Anti submarine Warfare Research Group
ATEC	Army Test and Evaluation Command
ATP	Allied tactical Publication
CIO	Centro de Investigação Operacional
CITAN	Centro Integrado de Treino e Avaliação Naval
CMRE	Centre for Maritime Research and Experimentation
COMNAV	Comando Naval
CPA	Closest Point of Approach
DAGI	Direção de Análise e Gestão da Informação
DAT-POW	Defence Against Terrorism Programme of Work
DMS	Destacamento de Mergulhadores Sapadores
EEA	Elementos Essenciais de Análise
EO	Electro Optic
ESM	Electronic Support Measures
ETA	Expected time arrival
ETD	Expected time departure
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FCUL	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
GDH	Grupo Data Hora
GPI	Grupo de Projeto integrado
GPS	Global Positioning System
IAMSAR	International Aeronautical and Maritime Search and Rescue
IR	Infrared
MATLAB	MATrix LABoratory
MIO	Maritime Interdiction Operations
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NRP	Navio da República Portuguesa
NURC	NATO Undersea Research Center
REGAVIST	Registo de Avistamentos

SACLANT

Supreme Allied Commander Atlantic

SADMIO

Sistema de Apoio à Decisão para Maritime Interdiction Operations

SAR

Search and Rescue

VHF

Very High Frequency

Lista de Figuras

Figura 2-1 Organograma <i>Operacional Test and Evaluation</i>	41
Figura 2-2 Processo de Engenharia de Sistemas para a AO	43
Figura 2-3 Técnica de Elementos Essenciais de Análise (EEA)	56
Figura 2-4 Trajetória do movimento relativo entre sensor e alvo	60
Figura 2-5 Curva de distância lateral.....	61
Figura 2-6 Padrão de busca para registo de deteções	67
Figura 2-7 Interface do protótipo SADMIO.....	70
Figura 2-8 Patrulha de tipo linear	72
Figura 2-9 Dispositivos Navais em patrulha de barreira	72
Figura 2-10 Cenário 1	73
Figura 2-11 Cenário 2.....	74
Figura 2-12 Curva de Deteção Radar – Classe João Belo	76
Figura 2-13 Superfície de Deteção Visual – Classe João Belo	77
Figura 2-14 Modelo Compreensivo de Sensor Eletro-ótico	78
Figura 2-15 Capacidade de Deteção Radial	79
Figura 2-16 Função de Modulação de Transferência	80
Figura 2-17 Integração das FTM dos Subsistemas.....	80
Figura 2-18 Cenários de Fundo	81
Figura 2-19 Assinatura de Alvo no Meio Ambiente	82
Figura 2-20 Mínima Dimensão dos Alvos utilizados por Johnson	83
Figura 2-21 Gráfico <i>Tri-Bar</i>	84
Figura 2-22 Número de Períodos em Função do Angulo de Observação do Alvo	85
Figura 2-23 Metodologia para determinar Probabilidade de execução de uma determinada tarefa por um sistema Eletro-ótico, relativamente à distância de observação	86
Figura 2-24 Exemplo Prático.....	87
Figura 2-25 Silhueta de um Navio degradada em pixéis.....	88
Figura 3-1 Itinerários Pré-definidos de Mergulho	99
Figura 3-2 Disposição Grupos de Segurança do Exercício	100
Figura 3-3 Fita de Tempo do Exercício.....	101

Figura 3-4 Planeamento de vindas à superfície com bóias.....	103
Figura 3-5 Método de Seguimento de Mergulho	104
Figura 3-6 Cais do Portinho da Costa.....	106
Figura 3-7 Base Naval de Lisboa	107

Lista de Tabelas

Tabela 2-1 Variáveis independentes para deteções visuais	67
Tabela 2-2 Folha de Registo de Avistamentos	75
Tabela 2-3 Resultados de Johnson	84
Tabela 3-1 Modelo de Coleta de Dados	102
Tabela 3-2 Tipologia dos Dados.....	104
Tabela 4-1 Base Naval de Lisboa vs Portinho da Costa.....	113

Lista de Quadros

Quadro 3-1 Conteúdo do Plano Mestre	91
Quadro 3-2 Conteúdo do Plano de Avaliação	93
Quadro 3-3 Conteúdo do Plano de Teste.....	95

Índice

Epígrafe	vii
Agradecimentos	ix
Dedicatória.....	xi
Resumo	xiii
Abstract.....	xv
Lista de Acrónimos.....	xvii
Lista de Figuras	xix
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Quadros	xxiii
Índice	xxv
1 Capítulo 1: Introdução	31
1.1 Enquadramento	31
1.2 Justificação do Tema	33
1.3 Objetivos	35
2 Capítulo 2: Revisão da Literatura	39
2.1 Avaliação Operacional	39
2.1.1 Origens da Avaliação Operacional	39
2.1.2 Definição da Avaliação Operacional	41
2.1.3 Propósitos da Avaliação Operacional	44
2.1.4 Noções Gerais da AO	44
2.1.5 Conceção Geral da Evolução dos Testes	45
2.1.6 Vantagens do Teste Evolutivo	46
2.1.7 Importância da Capacidade de Visualização Rápida dos Resultados.....	46
2.1.8 Procedimento para Rápida Modificação dos Testes	47

2.1.9	Execução do Teste Evolutivo	47
2.1.10	Aspetos Críticos.....	48
2.1.11	Elementos Essenciais de Análise.....	55
2.1.12	Referências sobre Avaliação Operacional	56
2.2	Teoria de Busca	59
2.2.1	Curvas de Distância Lateral.....	59
2.2.2	Método de Regressão Logística.....	63
2.2.3	Referências sobre Teoria de Busca.....	65
2.3	Experiência para Recolha de Dados em Ambiente Marítimo.....	65
2.3.1	TP 12441 Experiment Planning.....	65
2.3.2	SADMIO - REGAVIST	68
2.4	Modelação de Performance de Sensores	77
2.4.1	Limitações/Desafios	79
2.4.2	Função de Transferência de Modulação	79
2.4.3	Assinatura do Alvo	81
2.4.4	Critério de Johnson.....	82
2.4.5	Discriminação Bidimensional.....	87
3	Capítulo 3: Planos da AO de Sistemas Eletro-óticos no Projeto SAFEPORT	91
3.1	Enquadramento	91
3.2	Plano Mestre	91
3.3	Plano de Avaliação	93
3.4	Plano de Teste.....	95
3.5	Cenário de Defesa Portuária com Sensores Eletro-óticos.....	97
3.5.1	Exequibilidade da Experiência	103
3.5.2	Tipologia dos Dados Recolhidos.....	104
3.5.3	Escolha do Local para Exercício – BNL VS Portinho da Costa	105
4	Capítulo 4: Resultados e Conclusões	111

4.1	Considerações Teoria de Busca VS Modelação de Performance de Sensores	111
4.2	Considerações sobre a aplicação da AO na MP	112
4.3	Local para a realização de Experiência de Campo	112
4.4	Recomendações e Trabalho Futuro.....	113
4.4.1	Recomendações.....	114
4.4.2	Trabalho futuro.....	114
	Referências Bibliográficas.....	119
	Anexo A.....	123
	Anexo B.....	139

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

1.2 Justificação do tema

1.3 Objetivos

1 Capítulo 1: Introdução

1.1 Enquadramento

A avaliação da capacidade de deteção de sensores em ambiente marítimo assume particular importância na busca e salvamento marítimo e na condução de operações navais, como por exemplo, missões de interdição marítima. A avaliação da capacidade de deteção de sensores em ambiente marítimo teve especial relevo durante a 2ª Grande Guerra Mundial aquando dos esforços dos Aliados para contrariar a guerra submarina levada cabo pelos “U-Boat¹” alemães. Neste cenário, os Aliados, através do ASWORG², desenvolveram métodos e fórmulas para otimizar a eficácia dos planos para detetar e destruir a ameaça submarina. A prioridade nos esforços deste grupo estava, não em desenvolver novos equipamentos, mas sim em melhorar a eficácia na utilização dos equipamentos existentes. Os métodos desenvolvidos incidiram essencialmente no desenvolvimento de modelos matemáticos para a probabilidade de deteção visual da esteira dos submarinos aquando da sua vinda à superfície para recarregar baterias, e também no desenvolvimento de planos de busca que otimizam a deteção global de uma saída de aeronaves ou navios de escolta.

Após a 2ª Grande Guerra Mundial, a avaliação de sensores passou a ser realizada no âmbito da gestão de projetos de sistemas complexos, onde o objetivo se centrava não só na otimização de emprego de um equipamento já existente, mas também na possibilidade de melhorar o equipamento em causa, de acordo com os possíveis cenários de utilização. A importância em testar e avaliar equipamentos, nomeadamente armas que equipam elementos de infantaria, levou ao desenvolvimento de uma disciplina, designada por **Avaliação Operacional**, ao qual corresponde o termo em inglês de *Operational Test and Evaluation* (OT&E) (Giadrosich, 1995). Ressalta-se que nos Estados Unidos existe, desde 1999, o *U.S. Army Test and Evaluation Command* (ATEC)³, o qual se dedica exclusivamente a este fim. O espectro da utilização da

¹ U-boat corresponde à versão inglesa do termo *U-boot*, que é um diminutivo da palavra “*Unterseeboot*”.

² ASWORG – Anti submarine Warfare Research Group.

³ O ATEC foi criado em 1999 pelo Vice Chief of Staff com a função primária de assegurar que os soldados americanos que vão para teatros de operações levem consigo armas que “funcionem”. O ATEC coordena todos os comandos e centros de teste em termos de desenvolvimento e teste operacional de equipamentos do U.S. Army.

Avaliação Operacional passou a ter um papel imprescindível na aquisição de equipamentos, adquirindo uma função determinante na dimensão económica associada ao negócio de equipamentos bélicos. Nos dias de hoje, as atividades de teste e avaliação englobam também a elaboração de especificação técnica de equipamentos e também atividades de investigação e desenvolvimento no sentido de melhorar e otimizar a adequabilidade e eficácia dos equipamentos aos mais variados cenários de utilização.

No âmbito militar, a Avaliação Operacional tem o seu papel focado na avaliação de equipamentos, fundamentando decisões sobre o desenvolvimento, a aquisição, o emprego, a manutenção e a desativação de sistemas. Este procedimento é normal, pois a maior parte dos equipamentos, quando adquiridos, foram pensados para serem utilizados num determinado cenário. Sucedem, na grande maioria dos casos, que as forças militares tenham de intervir em cenários diferentes daqueles que foram idealizados para a utilização dos equipamentos adquiridos. Por exemplo, a aquisição de uma arma de fogo ligeira é feita de forma a responder a um conjunto de requisitos operacionais num determinado conjunto de cenários de utilização, mas *a posteriori* é necessário que esta mesma arma seja utilizada num cenário que não estava previsto inicialmente. Nestes casos, torna-se necessário realizar um estudo para testar e avaliar este equipamento num ambiente para o qual não foi inicialmente previsto. Desta forma, a Avaliação Operacional fornece indicadores que permitem avaliar um sistema em todas as etapas do seu desenvolvimento e durante a sua vida operacional, os quais, quando associados a novos ambientes de operação, possibilitam a determinação de táticas adequadas ao emprego do sistema ou o desenvolvimento de novas versões do mesmo. A atividade de teste e avaliação inicia-se então na fase inicial de um projeto, e estende-se por toda a sua vida útil (EMA-333, 2004).

Neste trabalho o conceito de Avaliação Operacional assume particular relevância no âmbito do sistema SAFEPORT. O SAFEPORT é um sistema de apoio à decisão para planeamento de operações de segurança relacionadas com a defesa portuária, aquando da permanência de uma força naval da NATO num porto ou área estuarina sob ameaça terrorista. Este sistema incorpora um simulador para avaliar o risco de segurança face a um dispositivo de sensores colocados nessa área e um conjunto de ameaças. Os sensores considerados neste sistema incluem meios de deteção visual (olho humano) com auxiliares de visão (binóculos, equipamentos de visão noturna), equipamentos de deteção acústica submarina e câmaras de vigilância. O simulador irá necessitar de

modelos de deteção relativos aos sensores que se pretendem incluir no dispositivo de vigilância e face aos tipos de ameaça previstos (Martins et al, 2010).

Face à variedade de sensores que devem ser avaliados, o presente trabalho pretende limitar a avaliação a sensores eletro-óticos. Desta forma, pretende-se concretizar a metodologia da Avaliação Operacional por forma elaborar um caderno de provas que contenha todos os elementos necessários para realizar uma experiência real no sentido de recolher dados que permitam conhecer a capacidade de deteção de um conjunto de sensores eletro-óticos.

No primeiro capítulo deste trabalho é feito o enquadramento do tema, apresenta-se a justificação do mesmo e define-se os objetivos a atingir. No segundo capítulo é feita uma revisão da literatura com foco principal no conceito de Avaliação Operacional. Ainda neste capítulo é feita referência a conceitos da Teoria de Busca e da Modelação Performance de Sensores, os quais são necessários para compreender como pode ser modelada a capacidade de deteção de um sensor em ambiente marítimo. São também referidos alguns exemplos de casos de estudos, em particular um estudo realizado na Marinha Portuguesa, no âmbito do projeto SADMIO.

No terceiro capítulo são concretizados o plano mestre, plano de avaliação e plano de teste, de acordo com a metodologia da Avaliação Operacional para o caso particular do emprego de sensores eletro-óticos em cenário de defesa portuária.

No quarto capítulo referem-se as principais conclusões deste trabalho.

1.2 Justificação do Tema

No âmbito do item #2 (*Protection of Harbours and Ports*) – *Defence against Terrorism Programme of Work*⁴ (DAT PoW), a Marinha Portuguesa propôs o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão, denominado SAFEPoT, que pretende apoiar o planeamento das operações de segurança relacionadas com a defesa portuária aquando da presença de uma força NATO numa zona portuária potencialmente hostil. O desenvolvimento do SAFEPoT é conduzido por um

⁴ O programa “*Defence against terrorism programme of work*” (DAT POW) pretende desenvolver métodos para prevenir ataques terroristas não convencionais, tais como ataques suicidas com IED ou mitigar ataques a infraestruturas críticas.

consórcio, liderado pela Edisoft⁵, na qual fazem parte a Universidade Lisboa (Centro de Investigação Operacional e Laboratório de Lasers e Eletro-óticos), Universidade do Porto (Faculdade de Engenharia, FEUP), Universidade de Évora e o CMRE⁶ (La Spezia). O sistema SAFEPORT irá embeber vários algoritmos de otimização e também módulos de simulação de agentes, sendo um sistema com elevado cariz científico e tecnológico. O simulador no sistema SAFEPORT implementará duas capacidades primárias:

- 1 Providenciar as configurações, mais eficazes e eficientes, dos recursos humanos e sensores disponíveis para a defesa do porto.
- 2 Capacidade de avaliação de uma determinada configuração, através do uso intensivo de simulações.

Para alcançar este efeito, o simulador combina os dados providenciados pela modelação de diversas componentes envolvidas, isto é, modelos físicos das diversas componentes reais que integram o cenário, transpostos para formato digital e inseridos no *software* que dá corpo ao simulador. O cenário criado resulta de uma combinação específica do perfil da ameaça, a área de interesse (topografia, infraestruturas, clima, e tráfego marítimo), bem como os recursos empregues na defesa do porto.

O sistema SAFEPORT, enquanto sistema de apoio à decisão, deverá ser sujeito a uma avaliação, onde os resultados da simulação deverão ser confrontados com os dados recolhidos através da realização de exercícios reais. Os dados recolhidos a partir de experiências reais permitirão a validação do simulador. No simulador, o dispositivo de defesa, é constituído por um conjunto de sensores, fixos ou em plataformas móveis em patrulha, em vigilância permanente ou não, sendo gerados na simulação com o intuito de proteger áreas designadas, assegurando uma probabilidade de deteção mínima.

O conceito de “deteção” no sistema SAFEPORT é quantificado por uma probabilidade de deteção, que requer o conhecimento implícito das capacidades e características físicas do sistema de deteção, do meio ambiente e da própria ameaça. Uma vez que os modelos de sensores utilizados no projeto, conseguem produzir informação associada à capacidade de um determinado sensor reconhecer objetos dentro da sua área de cobertura (especialmente sensores EO/IR), é possível, tendo em conta as

⁵ EDISOFT – Empresa de Serviços e Desenvolvimento de software, SA, fundada em 1988, dedica-se ao fornecimento de serviços nas áreas de engenharia de sistemas e de software, e consultoria em tecnologias de informação.

⁶ CMRE – Center for Maritime Research and Experimentation é um centro de Investigação e Desenvolvimento é um elemento da NATO’s Science and Technology Organization (STO). Este centro está localizado em La Spezia (Itália) nas instalações do antigo NURC e SACLANTCEN.

condições ambientais, características do objeto (ameaça) e sensor, estimar a probabilidade de detecção do objeto num determinado espaço físico.

Face as necessidades acima expostas, torna-se pertinente o estudo e elaboração de um modelo padrão para a condução de experiências reais de avaliação de sistemas, por forma a validar as soluções propostas pelo simulador do sistema SAFEPORT.

1.3 Objetivos

Esta dissertação de mestrado, de acordo com o seu âmbito de aplicação, tem como objetivos:

- No âmbito do projeto DATPOW, onde está previsto a realização de um “*Real Exercice*” para recolher dados para o sistema SAFEPORT, pretende-se concretizar os seguintes documentos, à luz da AO para a avaliação de sensores eletro-óticos:
 - Plano mestre
 - Plano de Avaliação
 - Plano de tese
- Estudar a viabilidade entre dois locais possíveis para a realização das experiências de campo: Portinho da Costa vs Base Naval do Alfeite.
- Analisar e confrontar duas metodologias para quantificação da capacidade de detecção de sensores eletro-óticos:
 - Função de Distância Lateral – Teoria de Busca
 - Função de Probabilidade de Transferência de Alvo – Modelos derivados do Critério de Johnson
- Identificar linhas de investigação na área da avaliação de equipamentos de detecção com vista à implementação dos respetivos modelos de detecção em simuladores.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 Avaliação Operacional

2.2 Teoria de Busca

2.3 Experiência para Recolha de Dados em Ambiente Marítimo

2.4 Modelação de Performance de Sensores

2 Capítulo 2: Revisão da Literatura

O presente capítulo aborda todo um espectro de temáticas associadas à avaliação e criação de uma experiência real de sensores eletro-óticos no âmbito de defesa portuária. Para o efeito, o presente capítulo inicia com a componente de desenvolvimento e condução da Avaliação Operacional de Sistemas, contemplando de seguida a Teoria de Busca, que introduz os conceitos de curva lateral de distância e refere o método de regressão logística, necessários para a determinação da capacidade de deteção de um sensor em ambiente marítimo. O capítulo trata ainda a análise de experiências realizadas para a recolha de dados associados à busca em ambiente marítimo.

2.1 Avaliação Operacional

2.1.1 Origens da Avaliação Operacional

Ao longo da História da Humanidade, o homem procurou sempre determinar a utilidade das suas invenções, desenvolvendo diferentes métodos de avaliação. Um destes primeiros métodos consistia num processo de tentativa e erro, que tinha com a especificação detalhada do sistema que se pretendia avaliar, descrição das suas características e estabelecimento dos critérios necessários, face às exigências das características descritas. A última fase deste método consistia no teste formal do sistema de forma a determinar a satisfação dos critérios estabelecidos. A satisfação do sistema era estimada através da avaliação dos resultados do teste versus critérios estabelecidos.

Com o evoluir dos tempos, ficou evidente que este primeiro método de avaliação se tratava de uma metodologia inaceitável, dado que apesar de as especificações serem habitualmente satisfeitas, isto é, passarem nos testes, não desempenhavam de forma satisfatória as funções a que se propunham. Por exemplo, um automóvel, mesmo satisfazendo uma centena de especificações, poderá perder o seu mercado, uma vez que os consumidores o consideram desconfortável ou difícil de conduzir.

Todos os métodos de avaliação encontram-se sujeitos a falhas, contudo, estas falhas tornaram-se mais evidentes, e com efeito, mais facilmente retificadas, com o desenvolvimento da abordagem holística, uma técnica que visa a consideração do sistema como um todo, sob o ponto de vista da missão a ser cumprida. Após a aplicação

desta técnica no âmbito da avaliação, ficou claro que, só ocasionalmente ou por coincidências, a reunião de um conjunto de especificações detalhadas resultava numa avaliação satisfatória, tendo sido identificada a necessidade de desenvolvimento de uma nova técnica. Esta nova técnica visava a inclusão de homens e equipamentos na avaliação de um sistema em operação, num ambiente o mais próximo da realidade quanto possível, com o intuito de determinar a sua real capacidade para cumprir a sua missão (EMA-333, 2004; Giasdrosich, 1995; Wagner et al, 1999). Esta técnica é denominada de Avaliação Operacional (AO).

Ainda que atualmente, com um nome diferente, a Avaliação Operacional se tenha difundido junto da área comercial de empresas civis, foi na sua aplicação em projetos de sistemas militares complexos que a sua necessidade se evidenciou.

Durante a 2ª Guerra Mundial, efetivaram-se grandes avanços ao nível da Avaliação Operacional e existiu a necessidade da sua rápida expansão de forma a fazer face aos diversos projetos e problemas operacionais existentes. Após e de forma subsequente a este período, foram realizadas numerosas alterações no âmbito da organização da Análise Operacional e procedimentos de testes, numa tentativa de conferir maior realismo, precisão, capacidade de resposta, objetivos e eficácia nestes elementos. Desse modo, tornou-se conveniente a especificação dos diferentes componentes da Avaliação Operacional enquanto método, conferindo uma uniformização e permitindo que diferentes utilizadores beneficiem da experiência comum no desenvolvimento e condução de programas de AO, constituindo-se como uma ferramenta de apoio institucional.

Na atualidade, o papel da AO nas forças armadas tornou-se de tal forma preponderante, que no caso dos EUA, os três ramos das suas forças militares, possuem independentemente entre si, comandos responsáveis pelo desenvolvimento e condução da AO interna. O *Director of Operational Test and Evaluation* assessora diretamente o Secretário de Defesa dos EUA (Gilmore, 2011), conforme Figura 2-1.

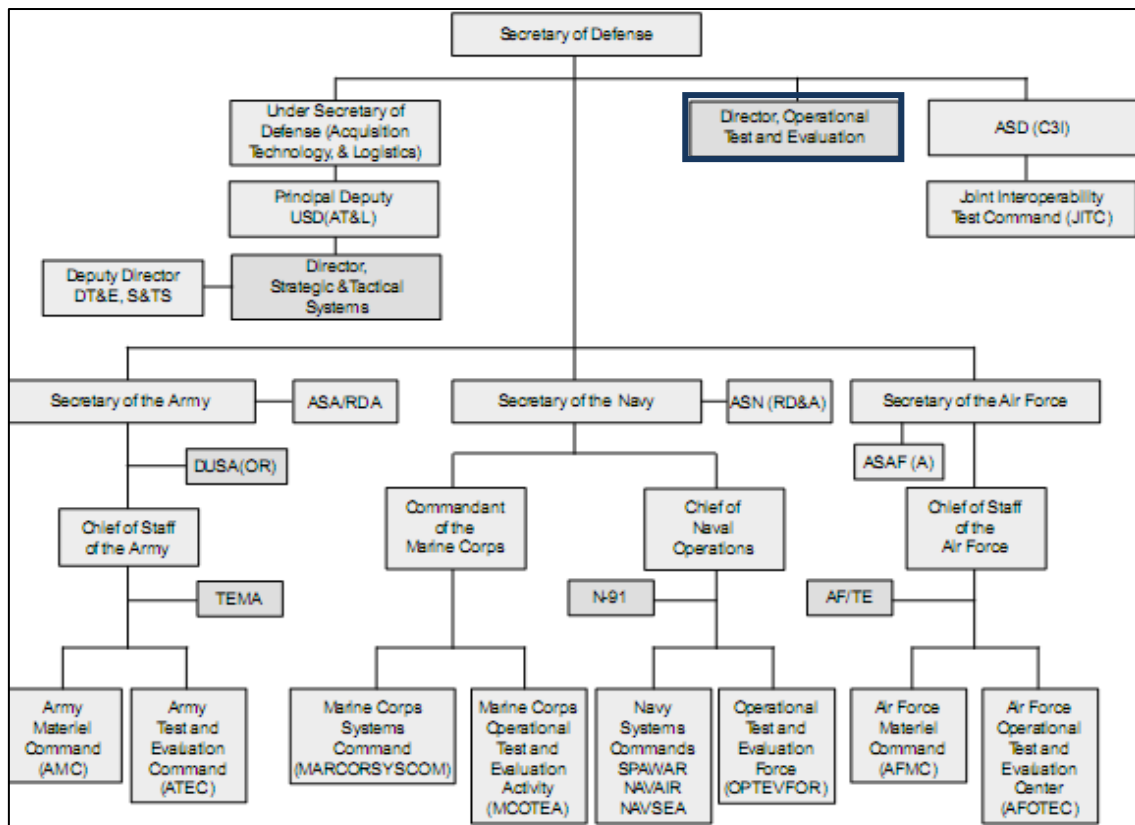


Figura 2-1 Organograma Operacional Test and Evaluation

2.1.2 Definição da Avaliação Operacional

A prova ou aceitação de um determinado sistema é indissociável da capacidade de providenciar provas que garantam, em certa medida, a aceitação por parte da comunidade de especialistas envolvidos no seu desenvolvimento e aplicação. Historicamente a Avaliação Operacional desempenhou frequentemente um papel vital no processo de aceitação ou refutação, através da sua capacidade de materialização de ambientes realistas, assim como dados mensuráveis dos objetivos. A Avaliação Operacional, em termos simples, pode ser definida por 2 elementos: 1) Teste e 2) Avaliação.

Teste, ou testar algo, não é mais do que um meio sistemático de recolha de dados, os quais são passíveis de ser analisados e utilizados para formular apreciações relativas à performance de um qualquer sistema, com um nível de erro limitado. Situações reais possuem sempre algum nível de risco e incerteza, pelo que uma apreciação desses riscos e incertezas, dentro de determinados limites de erro, torna-se crítico para a condução eficaz de um teste. Estes dados e informações podem abranger um amplo espectro das

condições ambientais e de operações, sendo que ambas podem assumir valores descritivos e inferenciais. Por forma a assegurar credibilidade nos resultados apresentados, o teste necessita ser objetivo, imparcial, significativo a nível operacional e estatístico, assim como realista.

A Avaliação é a determinação processual do “valor” de um sistema. Quando aplicada no contexto da Avaliação Operacional, é tido como implícito que a avaliação será apoiada nos dados recolhidos dos testes realizados. Na maioria dos casos, a avaliação envolve um processo inferencial, onde, através dos resultados limitados dos testes, são extrapolados para situações de interesse no mundo real. Habitualmente, esta extrapolação é realizada com o auxílio de modelos matemáticos e simulações de situações reais, requerendo para isso a especificação de “critérios” por forma a permitir a dedução de conclusões. Estes critérios, regularmente especificados num período prévio ao teste, especificam qual o nível a que a atividade deve ser realizada, a fim de ser considerada bem-sucedida, ou aceitável. Devido a restrições ambientais e de segurança, os dados e informações utilizadas na avaliação são ocasionalmente gerados de condições pré-estabelecidas e projetadas analiticamente, ou extrapoladas de outras avaliações de sistemas similares ou com missões similares.

A AO é então um esforço para se determinar a eficácia e adequabilidade operacional de utilização de um sistema nas condições usuais de operação. A Eficácia Operacional é entendida como a capacidade do sistema de cumprir efetivamente a função para o qual foi projetado. Enquanto que adequabilidade operacional é a medida da capacidade do sistema de ser utilizado, quando operado e mantido pelo pessoal que irá efetivamente guarnece-lo, considerando-se os aspetos de confiança, manutenção, disponibilidade, apoio logístico, compatibilidade, ergonomia e interoperabilidade. (EMA – 333, 2004; West, 2012).

Trata-se de um processo dinâmico, face aos diferentes tipo de missões e modos de utilização possíveis de um sistema em ambiente operacional, sendo que com as contínuas variações no ambiente, variam também as características do próprio sistema. Assim, são continuamente descobertos novos usos para sistemas antigos, pelo que a AO deve manter-se durante todo o ciclo de vida do sistema, desde os estágios iniciais da sua implementação, até à ampliação da sua vida operacional (modernização), adaptando-o a novos usos.

A AO tem quatro objetivos principais (EMA – 333, 2004):

1. Determinar se um sistema, em coordenação com os seus operadores, elementos de manutenção e equipamentos de apoio, consegue cumprir as missões propostas (devido ao carácter transitório das missões, estas podem divergir significativamente das inicialmente estabelecidas);
2. Desenvolver métodos e procedimentos para otimização do emprego de novos sistemas ou para novos usos de sistemas antigos, visando a satisfação de novas missões ou possíveis interações com novos sistemas;
3. Estabelecer as limitações, características e aptidões de um novo sistema, visando simultaneamente, a sua integração numa estrutura complexa de gestão e auxiliar no estabelecimento dos requisitos logísticos e pessoal.
4. Produção de informações de auxílio na procura e desenvolvimento de novos sistemas, documentando necessidades e determinando eventuais deficiências do sistema em avaliação.

Considerando os tipos de informação acima descritos, o modo de avaliação mais proficiente, resulta então de uma avaliação física do sistema, num ambiente operacional realista. Para este efeito a AO contempla uma estrutura para processos de engenharia de sistemas, conforme a Figura 2-2, e os seus elementos são descritos em maior detalhe nos capítulos desta dissertação de mestrado.

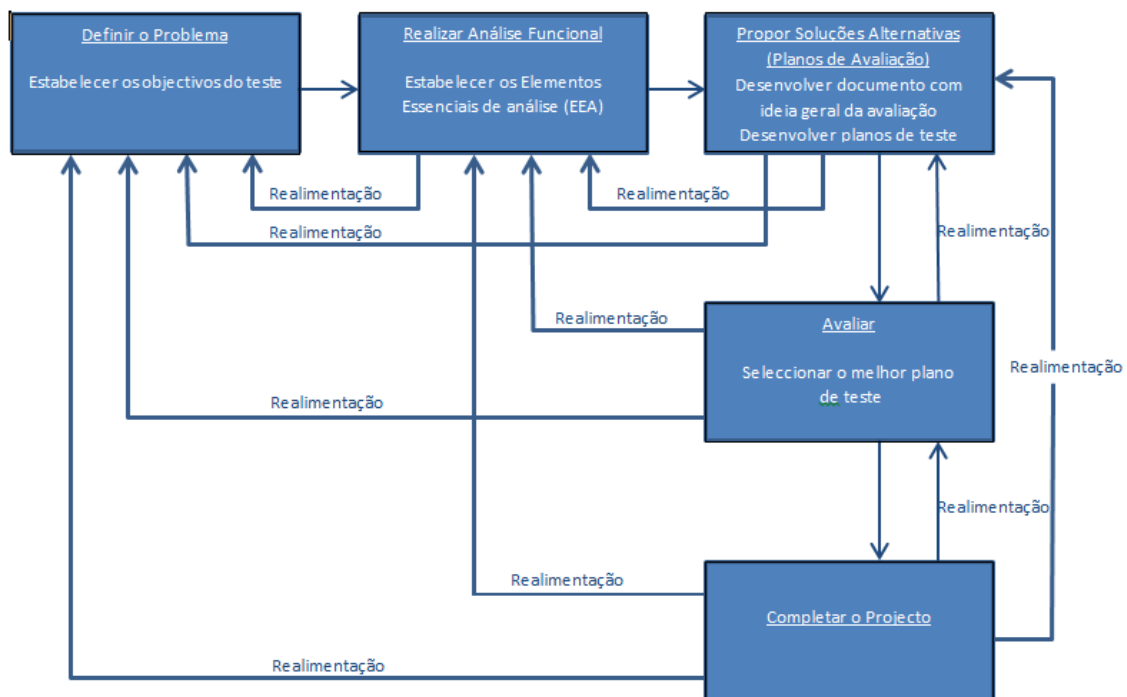


Figura 2-2 Processo de Engenharia de Sistemas para a AO

2.1.3 Propósitos da Avaliação Operacional

O propósito da AO prende-se com uma tendência, generalizada, que existe na avaliação de sistemas, em, após definir um grupo de aspetos críticos básicos para um determinado sistema, iniciar de imediato um desenvolvimento detalhado do plano de avaliação. Esta tendência origina um planeamento fragmentado e incoerente do programa de avaliação como um todo, pelo que a AO visa o desenvolvimento prévio de uma noção geral da avaliação, por forma a garantir que durante o planeamento detalhado existe uma interligação de cada parcela com todo o programa de avaliação. Assim, é possível definir o propósito da AO em três pontos principais:

1. Fornecer uma visão do programa da Ao como um todo, permitindo uma maior coerência entre os aspetos individuais do programa de avaliação;
2. Desenvolver uma base de apoio para a correta integração dos planos detalhados de avaliação, os quais serão responsáveis pela identificação das necessidades da avaliação e pelo desenvolvimento de uma matriz / estrutura capaz de efetivar a união dos componentes individuais da AO;
3. Servir de linha diretora, para os elementos responsáveis pela avaliação, por forma a fornecer um enfoque nos aspetos críticos da avaliação, bem como o desenvolvimento de diretrizes para um planeamento correto da avaliação, nos vários sectores.

Durante o desenvolvimento de noções gerais da AO as diversas áreas de avaliação são investigadas preliminarmente, e de forma pouco incisiva, conferindo apenas detalhe suficiente para esboçar planos e enfoques no contexto dos sistemas a ser avaliados.

O propósito da AO, bem como os três pontos referidos, torna-se mais claro, quando apresentado sob a forma de um documento oficial (Plano de Avaliação), este documento, contudo, pode vir a sofrer diversas alterações durante o processo de avaliação, refletindo-se em sucessivas versões.

2.1.4 Noções Gerais da AO

O primeiro passo no desenvolvimento das noções gerais de uma AO é a definição da conceção geral do programa de teste, isto é, o teste de se encontrar adaptado às condicionantes e pretensões para a avaliação do sistema. *Pretende-se que a AO seja*

conduzida em paralelo com o desenvolvimento de um sistema, ou deverá ser aplicada a um sistema já desenvolvido? Pretende-se a realização de testes progressivos, ou após o sistema realizar todas as funções pré-determinadas? Este tipo de questões é melhor desenvolvido através da observação dos seguintes aspetos:

1. *Quando é exigida a informação, por forma a toar decisões oportunas cerca do sistema?*
2. *Que representação do sistema estará disponível, quando cada informação for exigida (ex. simulações, mock-up⁷, etc.)?*
3. *Como se planeia implementar as especificações do sistema? Serão todas implementadas em paralelo, ou em passos sucessivos?*

Frequentemente, os aspetos acima mencionados, apontam para uma forma evolutiva de teste, a qual, se poderá mostrar superior à opção de se esperar que o sistema alcance a sua forma definitiva.

2.1.5 Conceção Geral da Evolução dos Testes

A conceção geral da evolução os testes surgiu como forma de resposta a uma necessidade de otimização para a projecção de sistemas complexos. Seguindo uma das máximas da engenharia de sistemas “*o sistema é forçado a estar pronto para funcionar antes de poder pronto a funcionar bem*”, este tipo de conceção concentra os seus esforços no levantamento gradual de capacidades de um sistema, obtendo um desempenho satisfatório numa única tarefa proposta para o sistema, progredindo subsequentemente para novas tarefas à medida que o desenvolvimento do próprio sistema evolui. O sistema deverá assim possuir a capacidade de realizar algumas tarefas numa fase inicial do processo de desenvolvimento, culminando com a capacidade de efectivar a tarefa operacional pretendida por completo. A conceção evolutiva permite ainda que o próprio planeamento da AO seja realizado em paralelo com a evolução do desenvolvimento do sistema, pelo que os próprios resultados da AO podem “alimentar” o projeto de desenvolvimento do sistema, resultando numa otimização significativa do sistema, bem como uma mitigação de possíveis deficiências. Face ao facto de, nas condições mencionadas, o desenvolvimento do sistema comportar a realização repetitiva e progressiva de testes, este processo é denominado de *teste evolutivo*.

⁷ Mock-up – Modelo à escala real, de um protótipo ou instrumento, utilizado para ensinar, fazer demonstrações, desenhar avaliações, entre outros.

2.1.6 Vantagens do Teste Evolutivo

As vantagens do teste evolutivo estão diretamente relacionadas com o conceito associado ao próprio teste evolutivo:

1. Permite, habitualmente, a identificação precoce das necessidades do sistema, relativamente a eventuais melhorias ou modificações, evitando a aplicação de elevadas quantias de capitais em projetos de *hardware* / *software* que poderão necessitar de alterações posteriores;
2. A mitigação da necessidade de eventuais alterações ao sistema, e subsequentemente a redução de períodos de suspensão de operação durante a avaliação;
3. A deteção de eventuais erros nos procedimentos definidos para testes, os quais poderiam comprometer a validade dos resultados obtidos, originando a necessidade de criação de novos testes.

2.1.7 Importância da Capacidade de Visualização Rápida dos Resultados

Face à considerável sobreposição no programa de desenvolvimento, é habitual, com a execução da AO, a uma determinada tarefa do sistema, o desenvolvimento / melhoramento, em paralelo, do *hardware* / *software* para uma fase posterior. Caso exista uma incapacidade, quase imediata, de visualizar os dados obtidos do teste, existe uma tendência / necessidade de iniciar um novo teste, sem consideração pelos dados já existentes. Este facto resulta num abandono da conceção geral da evolução dos testes, uma vez que a inclusão das melhorias necessárias ao sistema só será realizada após o término de todos os testes. Este procedimento erróneo torna-se especialmente relevante, quando algum problema não detetado previamente, inviabiliza os resultados obtidos, isto é, um determinado problema, que poderia ter sido facilmente descoberto e corrigido com os resultados obtidos através do primeiro teste, propaga-se para os testes subsequentes, inviabilizando toda uma sequência de testes. A capacidade de visualização rápida dos resultados deve então ser considerada e incorporada no plano de teste, visando os seguintes aspetos:

1. Quando são obtidos grandes volumes de dados através de sistemas automatizados, deverá existir uma preocupação em garantir que estes se encontram em formatos compatíveis e de fácil introdução nos sistemas

informáticos responsáveis pela sua análise, garantindo assim que não seja solicitado o desenvolvimento urgente de *software* durante o teste, podendo mostrar-se desastroso;

2. Deverão existir métodos / ferramentas definidas para a busca e extração de eventos específicos ou significativos de um banco de dados, resultando numa produção rápida de resultados;
3. Dados coletados manualmente devem se encontrar em formatos complacentes com uma rápida digitalização para suporte informático.
4. Deverão ser identificadas, atempadamente, valores pré-definidos para as medições a realizar, que possam invalidar dados de teste, permitindo uma a sua deteção durante a monitorização do teste.
5. Caso não se encontrem disponíveis capacidades computacionais, deverão ser analisados e desenvolvidos métodos de coleta de dados manuais, com recurso a calculadores manuais, para uma disponibilização rápida dos resultados básicos do teste.

2.1.8 Procedimento para Rápida Modificação dos Testes

Geralmente a eficácia e eficiência do processo evolutivo é facilmente comprometida dada uma capacidade limitada de modificar rapidamente o sistema ou teste. Este fenómeno prende-se com o facto de, uma vez identificada a necessidade de modificação de *hardware* / *software*, ou procedimentos, para a aquisição de maior eficiência da operacionalidade do sistema, não existe qualquer capacidade de resposta por parte do elemento responsável pelo planeamento, limitando-se a reportar a necessidade de incorporar essa nova capacidade no sistema. A modificação do teste por sua vez, pode ser solucionada, não sendo especialmente problemática a mudança do plano de teste para modificar técnicas de medições, elaborando para o efeito, um plano que comporte os aspetos técnicos dessas modificações.

2.1.9 Execução do Teste Evolutivo

Caso exista a intenção de utilizar o conceito de teste evolutivo, esta intenção deve ser definida na fase do processo de aquisição de um sistema. Nesta fase, através de um grupo de trabalho intimamente partilhado pelos colaboradores existentes em cada sector (engenheiros projetistas de sistemas, elementos responsáveis pelo planeamento da avaliação, operadores dos sistemas, tec.), deverão ser identificados todo *hardware* /

software a ser desenvolvido / adquirido para cada estágio de desenvolvimento do sistema, por forma a fornecer apoio a esse estágio. Seguidamente, compete ao elemento responsável pelo planeamento do teste, a definição dos testes necessários à avaliação de eficácia operacional do sistema par cada estágio desenvolvimento, tendo presente que todas as fases são significativamente influenciadas pelo facto de estar a ser utilizado o conceito de teste evolutivo.

2.1.10 Aspetos Críticos

Um dos propósitos da AO é a determinação de aspetos críticos específicos ao sistema, sendo que alguns destes aspetos prendem-se na própria definição de AO.

Os aspetos críticos são, genericamente, um conjunto de considerações particulares de um sistema, originados através de eventuais dúvidas que surjam acerca do desempenho do próprio sistema, ou sobre o seu efeito no ambiente, pessoas, estruturas sociais, ou até mesmo outro sistema. Estes aspetos podem muitas vezes surgir na forma de questões, por exemplo: “de que forma o sistema cumpre um aspeto particular da missão proposta?” ou “o sistema pode ser apoiado logisticamente no Teatro de Operações⁸?”. É importante, que numa fase inicial da AO, sejam determinados quais os aspetos críticos a considerar, uma vez que estes fornecem o foco e direção no esforço da avaliação. Por exemplo:

1. Os aspetos críticos orientam a seleção de dados a recolher durante uma avaliação;
2. Os aspetos críticos evitam uma recolha excessiva de dados inutilizáveis, sobressaindo os aproveitáveis facilitando a determinação dos resultados significativos;
3. Os aspetos críticos facilitam a identificação dos dados a recolher, por forma a responder a eventuais críticas ao sistema.

A identificação de aspetos críticos prende-se com uma consideração fundamental, existente também no processo de engenharia de sistemas, a possibilidade de um dado problema apresentado, poder muitas vezes, não se tratar de um problema real.

Por exemplo, durante a 2ª Guerra Mundial, analistas de sistemas foram convidados a entrevir no aumento de eficácia de deteção visual de submarinos, através de aeronaves de patrulha que operavam próximo das ilhas Britânicas. Uma vez apresentado o

⁸ Teatro de Operações - área física em que se concentram as forças militares, as fortificações e as trincheiras, e em que se travam as principais batalhas.

problema aos analistas, estes concluíram que o verdadeiro problema e questão era como afundar um maior número de submarinos inimigos, considerando que a solução passava por um incremento da distância de voo das patrulhas em relação à costa. Torna-se óbvio, que a solução apresentada, simples e elegante, se encontrava fora das fronteiras do problema originalmente apresentado. Este fenómeno sucede-se também na AO, uma vez que muitos dos problemas da avaliação, aparentemente insolúveis, resultam em soluções simples, uma vez definidos os aspetos críticos reais da avaliação.

Idealmente, um sistema é completamente definido por um conjunto de especificações, se ele for avaliado e se se verificar que respeita as especificações definidas. Só nesta situação, é que fica assegurado que o sistema pode cumprir as tarefas para o qual foi desenhado. Na prática, contudo, cada especificação representa um compromisso, envolvendo artifícios de orçamento de falhas (que significa "distribuir" erros aceitáveis pelos componentes do sistema), fatores de segurança, atual estado da arte e muitos outros fatores tidos como de menor relevância. Além disso, alguns aspetos críticos do desempenho de um sistema podem ser sobrepostos, com o desdobramento das características específicas. O resultado é que esses sistemas podem, frequentemente, atender a todas as especificações e demonstrar, ainda, deficiências no cumprimento de suas tarefas ou, alternativamente, podem degradar um ou mais requisitos e, todavia, ainda cumprirem a tarefa satisfatoriamente. Finalmente, podem existir fatores que não se encontrem diretamente ligados à tarefa, mas que devam ser considerados.

2.1.10.1 A Importância dos Aspetos Críticos

Como foi mencionado atrás, os aspetos críticos podem muitas vezes ser expressos sob a forma de questões relativas a um sistema, as quais, tendencialmente, refletem controvérsias e incertezas sobre capacidades, eficácia operacional, praticabilidade e efeitos ambientais do sistema. Estes aspetos críticos surgem regularmente de duas fontes diferentes. Um tipo de aspeto crítico emerge da seguinte questão básica: "Quão bem é o sistema capaz de cumprir a sua missão?". O outro tipo emerge de questões embaraçosas, usualmente levantadas por oponentes do sistema ou, simplesmente, por eventuais dúvidas acerca da finalidade e capacidade do sistema. A determinação dos aspetos críticos é essencial para o sucesso do sistema. Muitos sistemas degradaram-se quando colocados em operação, uma vez não terem sido aplicados os aspetos críticos em envolvimento direto com o cumprimento da missão. A avaliação da espingarda

automática M-16⁹ é um exemplo claro de um aspeto crítico negligenciado, relativo à missão. O aspeto crítico "que uso os soldados irão fazer da arma em combate real?" não foi aplicado. O resultado foi de que a arma, apesar de possuir um funcionamento perfeito, quando utilizada em estrita concordância com os procedimentos padrão de operação, em combate real, os soldados frequentemente utilizavam a espingarda como muleta, aquando de travessias de terreno lamacento. Era utilizado o procedimento padrão de lubrificação, com o qual os soldados se encontravam familiarizados, em deterioramento do procedimento apropriado para a espingarda automática M-16. Era também recorrente fazer fogo de rajada completa na direção das forças inimigas, esvaziando os carregadores, em oposição, de fazer fogo em pequenas rajadas para a presumível posição do inimigo. Nessas condições, a espingarda frequentemente encravava. Foi apenas após uma segunda avaliação, que os aspetos críticos negligenciados foram incluídos. Os soldados foram armados com a espingarda automática M-16, e posicionados numa área de floresta, após terem recebido formação rudimentar, providenciadas usualmente para forças em combate. Foram utilizadas, entre outras coisas, granadas de fumo, por forma a infligir níveis de *stress* nos soldados, aproximando ao máximo da realidade em combate, e não se enfatizou o uso de procedimento padrão de operação. Essa avaliação viria a determinar que, sob as condições reais de uso em combate, a espingarda encravava com frequência, pelo que existia agora a necessidade de implementar modificações na arma para eliminar o problema. Estes resultados poderiam ter sido descobertos, durante o período da primeira avaliação, e muitas mortes em combate evitadas, caso o aspeto crítico anteriormente descrito tivesse sido identificado nos estágios iniciais do programa de avaliação e, utilizado como um dos pontos focais de planeamento da avaliação. O aspeto crítico deverá estar sempre relacionado a atitudes e procedimentos.

2.1.10.2 Necessidade de Lidar com os Aspetos Críticos

Os exemplos acima demonstram como é fácil um sistema falhar, devido à não definição de um ou mais aspetos críticos, durante o período de AO anterior ao emprego do sistema. Quando os aspetos críticos são adequadamente definidos, as deficiências do

⁹ Espingarda Automática M-16 – Espingarda automática derivada do modelo AR-15, e que tem sido a principal espingarda de infantaria das forças armadas dos Estados Unidos da América desde 1967. A avaliação decorreu de relatórios recebidos dos campos militares americanos no Vietname durante entre os anos 1965-1967.

sistema podem ser descobertas e corrigidas, assim como melhorar procedimentos e atitudes, antes do sistema entrar em uso operacional. Finalmente, sob o ponto de vista prático, um estudo de Avaliações Operacionais realizadas mostrou que as AO começaram por definir os aspetos críticos e utilizá-los como base para o planeamento, sendo assim identificadas como de grande utilidade e credibilidade, enquanto os planeamentos de AO, nos quais não foram definidos aspetos críticos, geralmente não se mostraram profícuas e, frequentemente, não foi possível descobrir as deficiências do sistema avaliado, previamente à sua utilização em operação real.

2.1.10.3 Momento de Implementação dos Aspetos Críticos

A implementação dos aspetos críticos numa AO é feita nas primeiras instâncias do processo de desenvolvimento, este fator torna-se especialmente importante uma vez que após determinados, serão os próprios aspetos críticos a definir a estrutura do planeamento detalhado da AO. Apesar dos diversos esforços que possam ser feitos nesse sentido, é inevitável que novos aspetos surjam durante o processo de avaliação, originados através de eventuais discussões ou de um aprofundar do conhecimento do sistema, e suas características.

A determinação dos aspetos críticos define-se então como um processo evolutivo, sendo que, aquando da identificação de novos aspetos críticos, também os planos de teste devem ser adaptados e modificados, por forma à AO fornecer os dados necessários à satisfação dos aspetos.

O elemento responsável pelo planeamento da avaliação deve então evitar preservar os aspetos críticos inicialmente determinados, ao invés, deve acompanhar a evolução da própria avaliação, estando pronto a modificar ou agregar novos aspetos críticos, sempre que necessário. Durante a evolução do programa, ele deve manter-se informado acerca do desenvolvimento do sistema, da avaliação e de eventuais discussões sobre o sistema, por forma a estar apto a identificar, rapidamente, novos aspetos críticos e incorporá-los no planeamento da avaliação.

2.1.10.4 Desenvolvimento de Aspetos Críticos para a AO

O desenvolvimento de um conjunto de aspetos críticos consiste em dois pontos:

1. Identificar todos os candidatos a aspeto crítico;
2. Tratar cada candidato a aspeto, por forma a validá-lo, de facto, como crítico.

Como resultado dos pontos acima referidos, o conjunto de aspetos críticos deverão englobar todas as informações tidas como pertinentes, exigidas de uma AO, atuando

com um foco, para o planeamento da avaliação. As secções seguintes descrevem este procedimento.

2.1.10.5 Identificação de Candidatos a Aspetos Críticos

A identificação de candidatos a aspetos críticos deve ser efetuada tendo em consideração os seguintes pontos:

1. Deverá ser realizado um desenho do sistema de acordo com a operação que dele se pretende. O desenho deverá incorporar o fluxo de informações e acções previstas para a sua operação, e em cada nó criado através de *inputs* ou *outputs* do sistema, deverá ser feita a pergunta “Quais os requisitos necessários neste ponto, para uma operação correta/satisfatória?”. Este processo dará origem às questões críticas para candidatos a aspetos críticos.

2. O sistema deverá ser discutido com elementos que conheçam intrinsecamente ou se encontrem familiarizados com o uso do sistema ou sistemas similares. Sendo possível a sugestão de aspetos aplicáveis para uma visão completa da performance do sistema, por parte destes elementos.

Aspetos críticos idênticos poderão ainda surgir junto de sistemas similares. Através destes sistemas, é possível muitas vezes sugerir aspetos, que após análise, foram identificados como críticos, permitindo considerar os aspetos que em avaliações passadas foram tidos como importantes e os que foram negligenciados, para mais tarde se mostrarem como necessários à avaliação.

3. Toda a documentação relevante para o projeto deverá ser examinada, de forma a relacionar todas as tarefas importantes, requisitos e características que lhe são inerentes, assim como todas as questões e críticas direccionadas a este. Após a análise da documentação, é frequente, com o surgimento de pontos de discordância, e devido à ausência de dados reais para uma resolução, a sustentação de especulações extravagantes como verdadeiras. A solução encontrada, passa pela aplicação dos pontos de controvérsia na AO, por forma a recolher dados reais para as corroborar. Habitualmente os aspetos críticos dividem-se em 2 categorias: os aspetos críticos de carácter operacional e os de carácter político, isto é, aspetos críticos associados à capacidade de desempenhar uma determinada tarefa, quando em operação, e aspetos críticos associados a fatores como adequabilidade conjetural, ou económica do sistema. Para este

efeito, o elemento responsável pela avaliação, deve ter uma especial atenção na categorização dos aspetos operacionais, uma vez que estes podem muitas vezes ser confundidos com aspetos de carácter puramente técnico, e não, efetivamente, um aspeto crítico para realização de uma tarefa em operação. Estes aspetos técnicos são muitas vezes originados através de desdobramentos prematuros ou inadequados de aspetos críticos operacionais, pelo que é fácil ao elemento responsável pela avaliação cair em erro, devendo para isso, considerar cada candidato a aspeto crítico e questionar: *isto é crítico para a tarefa, operação ou aceitação do sistema, ou fornece simplesmente, parte de um dado a ser usado na tomada de decisão acerca de algum aspeto geral?*

2.1.10.6 Validação de Aspetos Críticos

Nem todas as propostas de aspetos críticos, originadas pelo processo acima descrito, são de facto aspetos críticos a considerar para a AO. Por forma a validar uma determinada proposta como aspeto crítico, esta deve satisfazer quatro condições:

1. *O aspeto ainda necessita ser resolvido?*, isto é, existe de facto ainda margem de desenvolvimento por parte da AO para definir uma resolução para p aspeto crítico, ou desde o início que, por circunstâncias conjeturais ou decisão superior, foi determinada / imposta à partida uma solução? Sempre que não exista arbitrariedade na decisão de um aspeto crítico, esta é tida como irreversível, e como tal não se trata de um aspeto crítico da AO, resultando numa perda de tempo. Deverá existir uma sensibilidade acrescida por parte do elemento responsável pela avaliação, para não prosseguir esforços quando uma decisão é final.
2. *O aspeto é de facto crítico?* Habitualmente, existe um elevado dispêndio de recursos, esforços e tempo, na procura de obter respostas para problemas / perguntas que na realidade representam uma influência insignificante no desempenho de um sistema. Um dos métodos mais simples para despistar este tipo de aspetos é feito através de uma listagem das possíveis respostas ao aspeto, e subsequente avaliação do efeito que cada uma tem sobre desempenho global do sistema. Caso não existam grandes discrepâncias entre os resultados, este aspeto pode ser tido como de pouca significância.

Contudo, para aspetos muito complexos, por vezes é benéfico a aplicação de uma variante do método Delphi¹⁰. Esta variante consiste na reunião de um grupo de pessoas, preferencialmente, com experiência no sistema e em AO, sendo que o primeiro passo consiste em pedir a cada membro que avalie individualmente, por escrito, a criticidade de cada aspeto. As diversas avaliações são depois examinadas, e são chamados a apresentarem os seus pontos de vista, os membros cujas avaliações forma mais díspares da maioria do grupo, assim como um porta-voz da opinião da maioria. Não são permitidos debates ou críticas pelos membros do grupo. Subsequentemente é solicitada uma nova avaliação individual por parte dos membros. Uma vez examinadas as diversas opiniões, as divergências serão menores, sendo possível concluir se o aspeto se trata de facto de um aspeto crítico.

3. *A AO tem capacidade para tratar os aspetos críticos?* É possível ocorrer, que um determinado aspeto, apesar de crítico, não é passível de ser definido como tal pela AO. Surgem muitas vezes aspetos, os quais necessitam, por exemplo, de uma decisão de carácter político, para responder ao problema. Um exemplo claro disso pode ser “*existem recursos financeiros para manter o sistema durante o período pretendido de operação?*”, este aspeto, apesar de claramente crítico, não pode ser solucionado pela AO, uma vez não se encontrar dentro da sua área de influência / responsabilidade. Consequentemente, este tipo de aspetos críticos não deverá ser incluído na AO.
4. *A AO é de facto a melhor ferramenta para solucionar o aspeto?* Por vezes podem ser utilizadas, de forma isolada ferramentas como a modelação, simulação, ou testes estatísticos de homologação para solucionar determinados aspetos, contudo, é comum aglomerar todos os aspetos num único molde de AO, negligenciando estas ferramentas. Este procedimento representa um erro, uma vez que os dados providenciados por um teste de homologação podem muitas vezes solucionar mais do que um dos aspetos sugeridos, representando uma solução mais eficaz e menos dispendiosa.

¹⁰ Método Delphi – Método baseado no princípio que as previsões por um grupo estruturado de especialistas são mais precisas se comparadas às provenientes de grupos não estruturados ou individuais. O método Delphi tem sido largamente utilizado para previsões empresariais e tem certas vantagens sobre outras abordagens de previsões estruturadas em mercados preditivos.

2.1.11 Elementos Essenciais de Análise

2.1.11.1 Definição de Elemento Essencial de Análise

Habitualmente, um aspeto crítico poderá não ser passível de ser definido somente através da metodologia anteriormente referida, pelo que o aspeto deve ser dividido num conjunto de perguntas mais detalhadas, subdivididas novamente, uma ou mais vezes, até que seja alcançado um nível de perguntas suficientemente simplificado para ser respondido por uma medição específica ou julgamento qualitativo. Face a este facto, foi desenvolvida uma técnica denominada de **Elementos Essenciais de Análise** (EEA), a qual visa fornecer um procedimento padronizado de decomposição de objetivos de teste, parando precisamente no momento certo, de modo a obter um critério ótimo de avaliação.

Os EEA, são então *itens básicos de informações requeridos para realizar a análise e a avaliação necessárias para fornecer respostas satisfatórias aos aspetos críticos da AO*. A correta aplicação desta técnica torna-se especialmente importante, quando se considera o nível de decomposição de um dado aspeto crítico. Se a decomposição for demasiado extensa, ocorre uma limitação de detalhes de eficácia pouco significativos para a capacidade total no cumprimento das tarefas do sistema, correndo o risco de um sistema, a operar satisfatoriamente, apresentar resultados negativos durante o teste. Pode ainda resultar num projeto ineficiente, de complexidade e custo excessivos. Por outro lado, com uma decomposição reduzida do aspeto, existe uma dificuldade associada, na identificação de pequenas parcelas de informação, as quais, após avaliadas uniformemente, traduziriam concordância entre os diversos observadores.

2.1.11.2 Desenvolvimento dos EEA

O desenvolvimento dos EEA inicia-se com a identificação do objetivo do teste para cada aspeto crítico. *Os objetivos, geralmente, são um simples reordenamento dos aspetos críticos, de modo a evidenciar o que deve ser realizado durante o teste, para solucionar cada aspeto crítico*. Cada objetivo de ser expresso sob a forma de questão. Após a formulação das várias questões/objetivos, estas devem ser analisadas independentemente, por forma a aferir se a questão pode ser respondida através de alguma medição específica ou julgamento qualitativo, realizado durante o decorrer do teste. Caso a questão possa efetivamente ser respondida, significa que o EEA alcançou o nível mais baixo de detalhe desejado. Uma vez que a questão não possa ser respondida, esta é decomposta em tantas questões quanto necessário, as quais serão também elas por

sua vez analisadas independentemente de forma a aferir se pode ser respondida por uma medição específica ou julgamento. O processo repete-se até que todas as questões tenham sido respondidas com sucesso, não existindo um nível específico de decomposição definido, pelo que os EEA poderão divergir entre si, nos níveis em que alcançam o detalhe desejado, seja ele o segundo, o terceiro, ou qualquer outro nível. Contudo, existe ainda um passo final. Devido à probabilidade de duplicação dos EEA (possibilidade de um dado EEA fornecer nas suas respostas a informação requerida para a solução de um ou mais aspetos críticos), após o processo de delineação dos EEA, deverá ser feita uma verificação de toda a lista de EEA, e efetuar a remoção de elementos duplicados. A figura 2-3 é do processo de desenvolvimento dos EEA (EMA – 333, 2004).

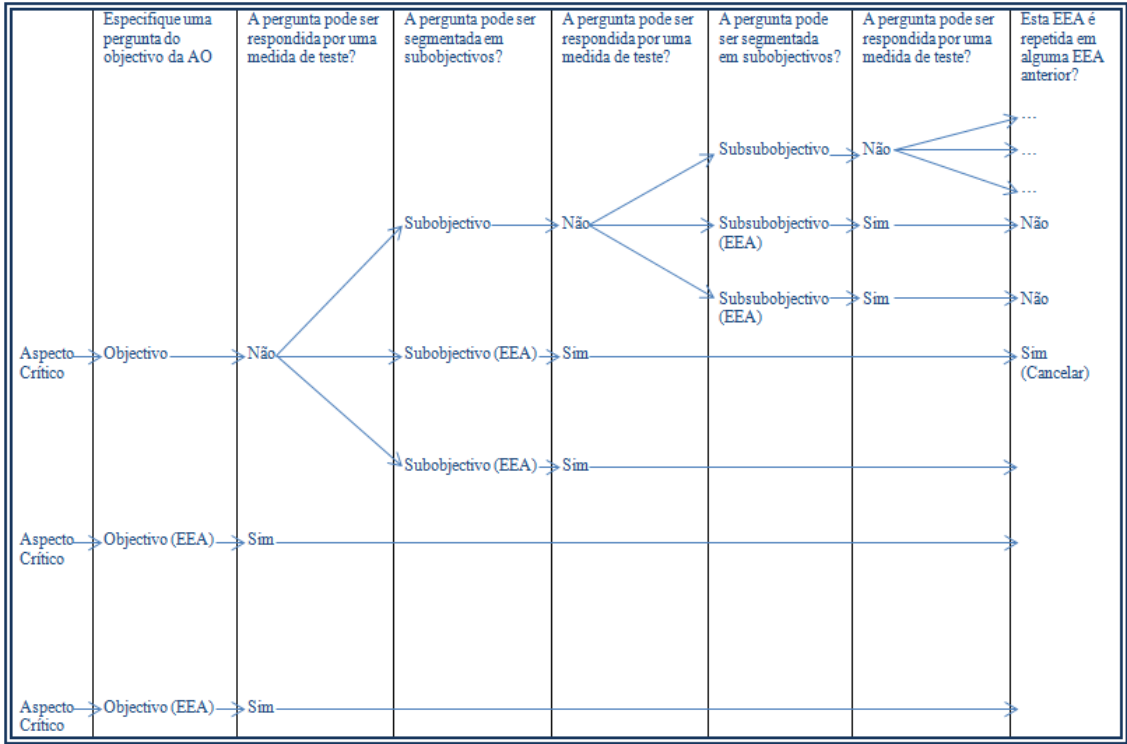


Figura 2-3 Técnica de Elementos Essenciais de Análise (EEA)

2.1.12 Referências sobre Avaliação Operacional

A maioria das atividades de cunho militar são classificadas e a AO não foge a esta regra. Portanto, as referências bibliográficas sobre esta ciência são escassas. Sendo assim, ressalta-se que as definições apresentadas nesta seção foram adaptadas das seguintes publicações:

“*Operations Research Analysis in Test and Evaluation*” de Giadrosich (1995) trata os conceitos fundamentais do desenvolvimento da Avaliação Operacional, referindo a sua criação e adoção pelos Estados Unidos da América, bem como as suas associações e correlações com os processos de engenharia de sistemas.

Uma importante publicação relacionada a técnicas de AO voltadas para a análise de equipamentos no ambiente naval é o livro “*Naval Operations Analysis*”, Wagner et al, 3ª ed., (1999).

Para uma melhor compreensão e detalhe das técnicas e documentos integrantes da Avaliação Operacional, e a sua adoção pela Marinha do Brasil, recomenda-se a leitura da publicação “*EMA 333 - Manual de Avaliação Operacional da Marinha do Brasil*”, Estado-Maior da Armada, (2004).

Por fim, *abstracts* e apresentações realizadas no *ANNUAL NATIONAL TEST & EVALUATION CONFERENCE*. Conferência organizada pela indústria de equipamentos de defesa dos Estados Unidos.

2.2 Teoria de Busca

A Teoria de Busca surge como uma disciplina que integra a Investigação Operacional e tem as suas origens no trabalho efetuado pelo *Antisubmarine Warfare Operations Research Group* (ASWORG) durante a 2ª Grande Guerra Mundial. Este grupo foi dirigido pelo cientista P. M. Morse, sob o comando do Almirante E. King, Chefe das Operações Naviais e Comandante Chefe da Esquadra Norte-Americana. O trabalho desenvolvido por este grupo incidiu essencialmente no desenvolvimento de procedimentos para a guerra antisubmarina, tendo sido liderado por B. O. Koopman. Koopman definiu as bases sobre as quais assentam grande parte da Teoria de Busca.

Desde a desclassificação em 1958 dos relatórios¹¹ originais sobre os procedimentos de busca, a Teoria de Busca rapidamente se expandiu e tornou-se numa disciplina independente com aplicações em vários problemas de controlo de sistemas, Teoria de Jogos e Estatística. Desde a 2ª Grande Guerra Mundial, os fundamentos e princípio da Teoria de Busca foram utilizados com sucesso em várias operações de indole militar e civil. Estas incluem a busca, em 1966, pelo bomba de hidrogénio (*H-bomb*) no mediterrâneo perto de Palomares (Espanha), a busca pelo submarino *Scorpion*, em 1968, perto do Açores e a busca por bombas (ainda por detonar) em 1974 no canal do Suez. A Guarda Costeira Norte Americana (US Coast Guard) utiliza métodos da Teoria de Busca, no seus sistemas de apoio à decisão com efeitos no planeamento de operações de busca e salvamento.

2.2.1 Curvas de Distância Lateral

A curva de distância lateral, ou função de distância lateral, foi um dos principais contributos de B. O. Koopman para a Teoria de Busca, na medida em permitiu caracterizar, não só a capacidade de deteção de um sensor relativamente a um alvo através de uma expressão analítica, mas também um procedimento para a construção desta função de forma rigorosa e controlada, e com significado estatístico.

Koopman (1980, págs. 64-67) propõe que a capacidade de deteção de um sensor seja representada por uma probabilidade de deteção condicional à distância entre o alvo e o sensor. Na busca e deteção de alvos no mar, com sistemas de deteção passivos (visuais)

¹¹ Koopman, B., O., Search and Screening, operations Evaluation Group Report 56. Center for Naval Analysis, Alexandria, 1946. <http://www.cna.org/sites/default/files/research/1100005600.pdf>

ou ativos (radar), é natural que o sensor e o alvo se encontrem em movimento. A detecção torna-se então possível quando o movimento relativo entre o sensor e o alvo os aproxima o suficiente para que a detecção ocorra. A função que representa a probabilidade de detecção condicional à distância entre alvo e sensor é a curva de distância lateral. Esta função, $l(x)$, representa a probabilidade de detetar um alvo quando a distância lateral é x e o movimento relativo entre o sensor e o alvo é descrito por uma trajetória retilínea. A Figura 2-4 ilustra os conceitos de *distância lateral* e de ponto de afastamento mais próximo (*closest point of approach*, CPA) entre sensor e alvo.

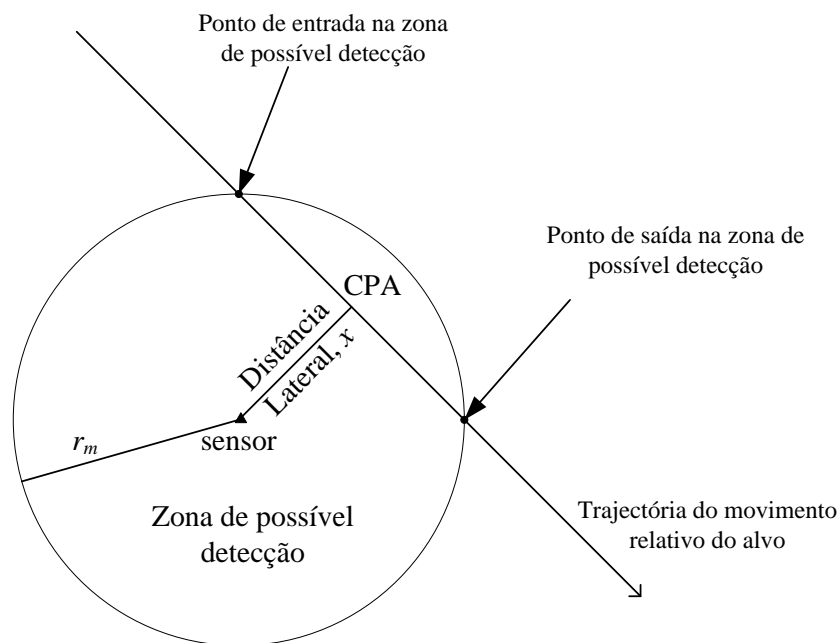


Figura 2-4 Trajetória do movimento relativo entre sensor e alvo

Considerando a sua influência na capacidade de planeamento de ações de busca ou interdição de um determinado espaço marítimo, o conhecimento da curva de distância lateral, conforme Figura 2-5, associada à combinação entre um sensor específico com o alvo que procura e condições ambientais, assume um papel essencial no planeamento de operações desta natureza.

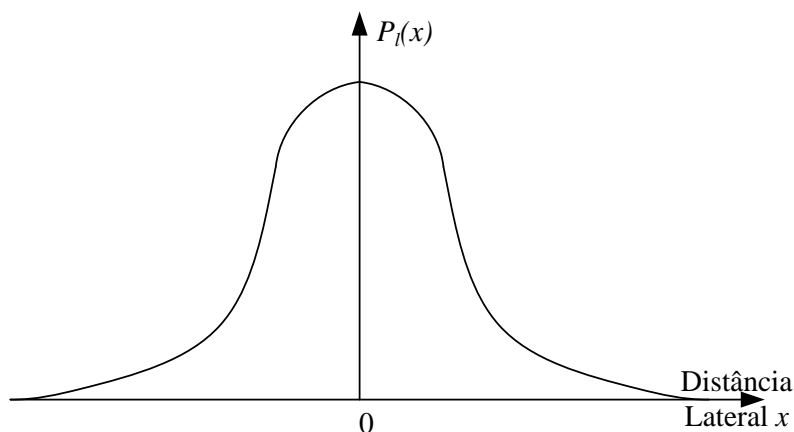


Figura 2-5 Curva de distância lateral

O facto de a construção da curva de distância lateral requerer o conhecimento prévio da distância lateral x entre o sensor e o alvo, independentemente da ocorrência ou não de uma deteção positiva do alvo, implica um planeamento complexo e incisivo mediante a realização de experiência reais para a recolha de dados. Este facto, quando relacionado com um alvo hostil e evasivo à deteção, torna-se especialmente complexo, devido à capacidade efetiva de aferir a distância entre alvo e sensor.

Associado à Curva de Distância Lateral tem-se o parâmetro distância de varrimento¹², representado pela letra W , que corresponde à área “debaixo” da Curva de Distância Lateral:

$$W = \int_{-\infty}^{+\infty} p(x)dx$$

Convenciona-se que as distâncias laterais, conforme Figura 2-2, para um lado do sensor assumem valores positivos e distâncias laterais para o outro lado assumem valores negativos. Por exemplo, no manual IAMSAR ou no manual ATP-10, encontram-se tabelados vários valores de W para aplicação no planeamento de uma ação de busca e salvamento. Estes valores são usados como referência para estabelecer o afastamento entre fiadas, quando um navio SAR realiza uma busca por um determinado objeto SAR. A tabela 6-11g do manual ATP-10 relaciona dois tipos de navios SAR, visibilidade e um conjunto de embarcações SAR, que variam desde jangadas de diversas dimensões até navios a motor.

¹² Distância de varrimento ou largura de varrimento corresponde em inglês ao termo “Sweep Width”.

No caso específico de um navio ou bote, convencionase que distâncias laterais assumem valores positivos para estibordo e valores negativos para bombordo. Dada a situação de um determinado alvo realizar um movimento retilíneo, dentro da zona de detecção possível, o que implica passar a uma distância lateral x do sensor, a oportunidade cumulativa de detetar o alvo aumenta desde que este entra na zona de detecção possível até ao momento em saí dessa zona, de acordo com a Figura 2-4. Isto significa que, uma vez que o alvo já não se encontre dentro da zona de detecção, já não existe qualquer oportunidade de detecção. Assim, probabilidade cumulativa de detecção ao longo de uma trajetória retilínea, para a qual a distância lateral é x , é designada pela função de distância lateral $p_l(x)$, sendo a sua representação gráfica, para todos os valores de x conhecida como Curva de Distância Lateral. A correta interpretação de $p_l(x)$ é então a de uma probabilidade cumulativa de detecção, condicionada à distância lateral x , no ponto de afastamento mais próximo.

Para cada sensor e para cada conjunto de condições ambientais e do alvo, existe uma única Curva de Distância Lateral. Por exemplo, se a detetabilidade de um submarino se altera, devido a alterações do meio ambiente ou do envelhecimento físico que tem como consequência tornar-se menos silencioso, então a curva de distância lateral altera-se.

Existem várias formas de construir a curva de distância lateral. Esta pode ser deduzida teoricamente se for possível obter a probabilidade de detecção cumulativa de um alvo que segue uma trajetória retilínea relativamente ao sensor. Modelos estatísticos também podem ser utilizados para construir a Curva de Distância Lateral.

Dado que a curva de distância lateral representa a probabilidade de detecção cumulativa para um dado *alvo*, um conjunto de *condições ou circunstâncias ambientais* e num *sensor específico*, vai existir uma família de curvas de distância lateral associada ao sensor em causa. Nesta família de curvas, cada função corresponde a uma combinação de um tipo de alvo e de um conjunto de circunstâncias ambientais que podem ser encontradas.

O dilema em desenvolver e manter um grande número de curvas de distância lateral, para um número considerável de equipamentos de detecção (incluindo o olho humano para detecções visuais) e para diferentes tipos de alvo numa grande variedade de situações, pode ser ultrapassado agrupando os alvos em categorias (pequeno, médio, grande), bem como o tipo de cenário tático (*brown waters*¹³, *blue waters*) e as condições

¹³ “*Brown waters*” é o termo utilizado para referir águas costeiras enquanto que “*blue waters*” refere-se a águas oceânicas.

ambientais (mar calmo, estado moderado, mar revolto). Cada curva de distância lateral representa, então, a média das condições verificadas em cada agrupamento. É de salientar que esmo com estes agrupamentos, estimar tal família de curvas requer um esforço considerável.

A curva de distância lateral é usualmente simétrica em torno do sensor. Pode-se pensar no sensor como uma plataforma que se move numa região que contém potenciais alvos. Neste contexto, a plataforma (navio ou bote) “varre” a região em causa. Este conceito pode ser aplicado a sensores estacionários, tal como sonobóias¹⁴, onde os alvos passam por este sensor, ou em casos onde sensor e alvo se encontram em movimento, como é o mais habitual.

Deve ser devidamente sublinhado que a curva de distância lateral não é uma função densidade de probabilidade nem uma função de probabilidade cumulativa. É uma função de probabilidade cumulativa condicional. Com a função de distância lateral é possível escolher uma distância lateral x e encontrar a probabilidade de um alvo ser detectado em algum instante de tempo, se este passar num ponto de afastamento mais próximo correspondente a uma distância lateral x ($CPA = x$).

A recolha de dados de deteção no contexto das distâncias laterais, apesar de se tratar de distâncias de fácil recolha em termos de custo e em termos da quantidade que é possível recolher, possui várias desvantagens. Entre estas, estão o custo associados ao planeamento de experiências no mar para recolher estes dados, bem como a quantidade limitada de recolhas que é possível efetuar neste meio. Tem-se ainda que para recolher distâncias laterais com informação associada a deteções e não deteções, existe a necessidade de uma capacidade controlo espacial elevado dos alvos quando cooperativos, e uma ainda maior quando estes não o são.

2.2.2 Método de Regressão Logística

A aplicação de modelos de regressão logística para construir curvas de probabilidade de deteção surgiu primeiramente em 1981 por Edwards *et al* (1982). A utilização destes modelos sucede as experiências de deteção envolvendo navios de busca, helicópteros e aeronaves (Edwards, 1980), onde se verificou que as curvas empíricas de probabilidade de deteção ficavam abaixo das curvas baseadas na lei do cubo inverso de Koopman (1956) e como resultado algumas modificações foram recomendadas. Até esse momento

¹⁴ Sonobóias - Bóias com equipamento eletrónico de captação de sons emitidos por submarinos e de transmissão, via rádio, das informações captadas.

não era notório o efeito de diferentes condições ambientais na probabilidade de detecção, pois as curvas eram construídas em função da distância lateral e estavam associadas a uma combinação plataforma/sensor/alvo.

Com os modelos de regressão logística, Edwards *et al* (1982) apresenta estimativas da largura de varrimento sob diferentes condições ambientais. Os regressores considerados incluem: distância lateral, altura da vaga, tempo em serviço, velocidade do vento, visibilidade, tipo de plataforma de busca, densidade das nuvens e características do alvo. As variáveis que não apresentaram influência estatisticamente significativa na curva de distância lateral foram: velocidade de busca, elevação do sol, localização geográfica da área de busca e localização do alvo na área de busca.

No modelo de regressão logística, a probabilidade de detecção, P_d , é definida pela seguinte equação

$$P_d = \frac{e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j x_j}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j x_j}},$$

ou de forma equivalente,

$$P_d = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j x_j)}}.$$

No modelo de regressão logística a variável resposta é dicotômica. Representando o evento “*alvo detetado*” pela variável binária Y ($Y = 1$ significa “*alvo detetado*” e $Y = 0$ “*alvo não detetado*”), a probabilidade de detecção para um conjunto de regressores representados pelo vetor $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ é

$$P_d(Y = 1|x) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j x_j)}}$$

Os modelos de regressão logística são estimados por métodos de máxima verosimilhança. A função de verosimilhança expressa a probabilidade de obter os valores observados na amostra como uma função dos parâmetros do modelo. O método de máxima verosimilhança procura os valores dos parâmetros do modelo que tornam a amostra mais provável, ou verosímil, de observar. Este modelo de detecção pressupõe a existência de dados correspondentes a detecções e a não detecções. Em Deus (2010) são apresentados vários modelos para construir curvas de distância lateral a partir de distâncias laterais, mas também a partir de distâncias efetivas correspondentes à primeira detecção. De entre a diversidade de métodos para construir as curvas de

distância lateral, os modelos de Regressão Logística afiguram-se como os mais populares para este fim. Contudo, nem sempre estão disponíveis dados em quantidade, assim como, poderá não ser verificada as condições que tornam válidas a aplicação deste tipo de modelo. A eleição de um critério para a escolha de um método para construir curvas de distância lateral é ainda uma questão em aberto, tendo sido tentativamente abordada em Deus (2010).

2.2.3 Referências sobre Teoria de Busca.

O livro “Optimal Search Theory” de Stone (1975) é uma referência clássica sobre os fundamentos e principais problemas abordados pela Teoria de Busca. Para o leitor interessado em conhecer em maior profundidade as origens da Teoria de Busca, recomenda-se a leitura de Morse (1977) e Koopman (1980).

2.3 Experiência para Recolha de Dados em Ambiente Marítimo

2.3.1 TP 12441 Experiment Planning

O procedimento de recolha de dados, que é prática comum para construir os histogramas de frequências relativas, assenta na criação de oportunidades de deteção. Estas oportunidades assumem dois resultados possíveis: “*alvo detetado*” ou “*alvo não detetado*”. Associado a cada um destes resultados são registados os valores de diversos fatores que influenciam a performance de deteção de um determinado sensor. Este procedimento requer a disponibilização de diversos meios (navios de busca, navios auxiliares, técnicos, alvos de busca) para planejar e conduzir as experiências de deteção e não está isento de custos económicos. Em Fitzgerald (1995) são apresentados resultados de uma experiência deste tipo conduzida conjuntamente pelas Guarda Costeira do Canadá e pela Guarda Costeira Norte Americana.

A metodologia para obter estimativas da probabilidade de deteção em função da distância lateral consiste em planejar e conduzir experiências de deteção no mar com meios necessários para recolher toda a informação fundamental de forma a atingir os objetivos previamente delineados. Os objetivos de um estudo sobre o desempenho de sensores relativamente à sua capacidade de deteção variam de acordo com diferentes

situações em que se pretende avaliar essa capacidade. Em Fitzgerald (1990), são apresentadas curvas de probabilidade de detecção e estimativas para a largura de varrimento para diversas combinações plataforma/sensor/contacto, em que o contacto se encontra estático na zona de busca, enquanto em Fitzgerald (1998) pretende-se analisar o efeito de o alvo se encontrar à deriva. Contudo, em ambos os estudos a metodologia subjacente ao planeamento e à condução das experiências no mar é idêntica.

Esta metodologia consiste em definir uma área de experiências que reúne boas características para a execução dos ensaios de mar. São escolhidos os navios de busca e salvamento, assim como o tipo de contacto, tipos de sensores e os efeitos (fatores humanos, ambientais, etc.) que se pretendem medir. É também definida *a priori* a localização dos contactos na área de busca, assim como o padrão de busca a executar pelo navio. A experiência descrita em Fitzgerald (1993) está dividida em três fases distintas: uma primeira fase, correspondente ao desenho e planeamento da experiência; uma segunda fase correspondente à execução dos ensaios de mar onde é registada toda a informação relativa às detecções; e uma terceira fase em que é feito o tratamento e análise dos dados recolhidos.

Na prática, são escolhidos alguns padrões de busca e são definidas oportunidades de detecção durante o percurso do navio na área de busca. Estas experiências requerem a presença de um técnico a bordo do navio de busca, que controla a experiência e tem conhecimento da localização dos alvos e da sua distância ao navio. Por sua vez, a detecção de um alvo é registado pelos vigias do navio.

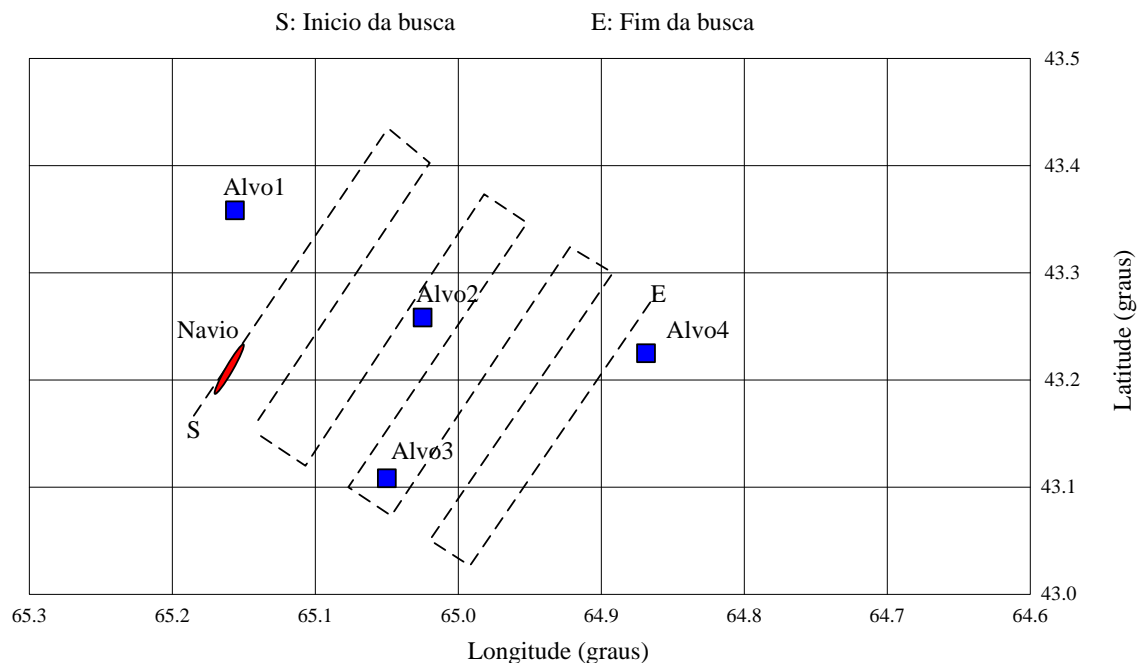


Figura 2-6 Padrão de busca para registro de detecções

A Figura 2-6 ilustra um dos padrões de busca executados nos ensaios de mar realizados no Outono de 1995 nos Grandes Bancos da Terra Nova, pela Guarda Costeira do Canadá e pela Guarda Costeira Norte Americana inseridos no estudo de Fitzgerald (1998). As variáveis consideradas em Fitzgerald (1995), para detecções visuais, inserem-se em cinco grupos: alvo, navio de busca, condições ambientais, luminosidade e fator humano.

Alvo	Navio de Busca	Ambiente	Luminosidade	Humano
Tipo	Velocidade	Nuvens	Elevação sol	Posição
Cor	Altura da ponte	Visibilidade		Experiência
Tamanho	Passo da hélice	Precipitação		Tempo em tarefa
		Velocidade vento		
		Altura ondas		
		Espuma ondas		
		Temperatura ar		
		Temperatura água		

Tabela 2-1 Variáveis independentes para detecções visuais

Após a recolha de toda a informação associada a cada oportunidade são construídas as curvas de probabilidade de detecção para diferentes combinações de plataforma/sensor/ alvo através da estimação dos parâmetros do modelo logístico, em que são utilizadas todas as variáveis referidas na Tabela 2-1.

Para tratar os dados recolhidos foi utilizado um *software* comercial da SYSTAT, Inc. designado LOGIT. Este programa utiliza o método de máxima verosimilhança para ajustar a função logística à variável resposta Y . As variáveis são pré-selecionadas e verificadas pela sua significância estatística ao nível de confiança de 90% num procedimento iterativo. As variáveis que não são significativas ao nível de 90% de confiança são rejeitadas sequencialmente, começando pela que tem menor significância estatística. A análise de regressão logística é repetida após a eliminação de uma variável até que todas as restantes variáveis contribuam significativamente para o modelo com uma função linear dos regressores.

$$\lambda = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j x_j.$$

Após a determinação de λ , a probabilidade de deteção, P_d , como função da distância lateral, pode ser determinada para outros valores das variáveis significativas. A largura de varrimento pode então ser calculada através da relação.

2.3.2 SADMIO - REGAVIST

O Sistema de Apoio à Decisão para *Maritime Interdiction Operations* (SADMIO) surge como uma evolução de um produto desenvolvido em 1995, aquando da Operação SHARP GUARD¹⁵, quando foi pedido ao Centro de Investigação Operacional (CIO) da Marinha para determinar a melhor forma de rendição dos navios nas áreas de forma a minimizar a separação entre as forças e os respectivos comandantes. Para o efeito foi desenvolvida a ferramenta ROTPRO que permitia realizar o escalonamento de navios pelas duas áreas de patrulha, Otranto e Montenegro respeitando os requisitos operacionais definidos. O trabalho efetuado na elaboração do ROTPRO foi apresentado

¹⁵ A Operação *Sharp Guard* decorreu entre 93 e 96 para impor as sanções decretadas por resoluções do Conselho de Segurança da ONU. As forças navais impediram qualquer entrada de navegação não-autorizada, nas águas territoriais da República Federal da Jugoslávia (Sérvia e Montenegro). Este embargo naval impediu qualquer carregamento de armas de chegar a terra.

A força que executou este embargo – CTF 440 – era formada sobretudo a partir de forças navais OTAN, mas também da UEO. Operava em duas áreas de patrulha designadas Montenegro e Otranto. Os navios entrando ou saindo das águas territoriais da Sérvia e do Montenegro eram parados e inspecionados, para determinar a natureza da sua carga. Os que transportassem carga não permitida, à luz das resoluções das Nações Unidas, eram enviados para Itália. Cada força tem o seu comandante (um comodoro ou almirante) e durante um ano, em 95/96, a SNFL foi comandada por um almirante português, o então CALM Reis Rodrigues.

ao COMNAV com o objetivo de desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão que permitisse o desenho de áreas de patrulha. A dimensão das áreas e patrulha e afetação de meios nestas, assim como os período “*on station*” seriam um dos outputs desta ferramenta. Outro problema que a ferrametna deverá endereçar consiste no escalonamento de navios em qualquer teatro de operações e para qualquer número de áreas. Em reunião com o CITAN identificaram-se outros problemas inerentes à natureza da missão Sharp Guard. Foram identificados o problema do dimensionamento do dispositivo naval, assim como o planeamento de reabastecimento da força naval. Facto destes problemas existirem em missões de Interdição Marítima, foi tido por conveniente desenvolver módulos para cada um destes que estejam englobados no mesmo sistema, ao qual se deu o nome de SADMIO. No decorrer da modelação dos problemas identificados, procedeu-se ao desenvolvimento de um protótipo que permitisse testar e validar os modelos utilizados. No decorrer desse desenvolvimento alguns módulos foram construídos.

Face aos problemas que se pretenderam abordar com o desenvolvimento desta ferramenta, é possível encontrar algumas semelhanças com o projeto SAFEPORT. Por exemplo, numa missão de interdição marítima pretende-se controlar uma determinado área de patrulha, de forma a detetar toda a navegação de superfície que transita nessa área. No projeto SAFEPORT, também se irá definir uma área de interesse, onde estará um força da NATO, que deverá ser protegido, sendo necessário o efetivo controlo dessa área, o que implica uma elevada cobertura em termos de deteção de ameaças.

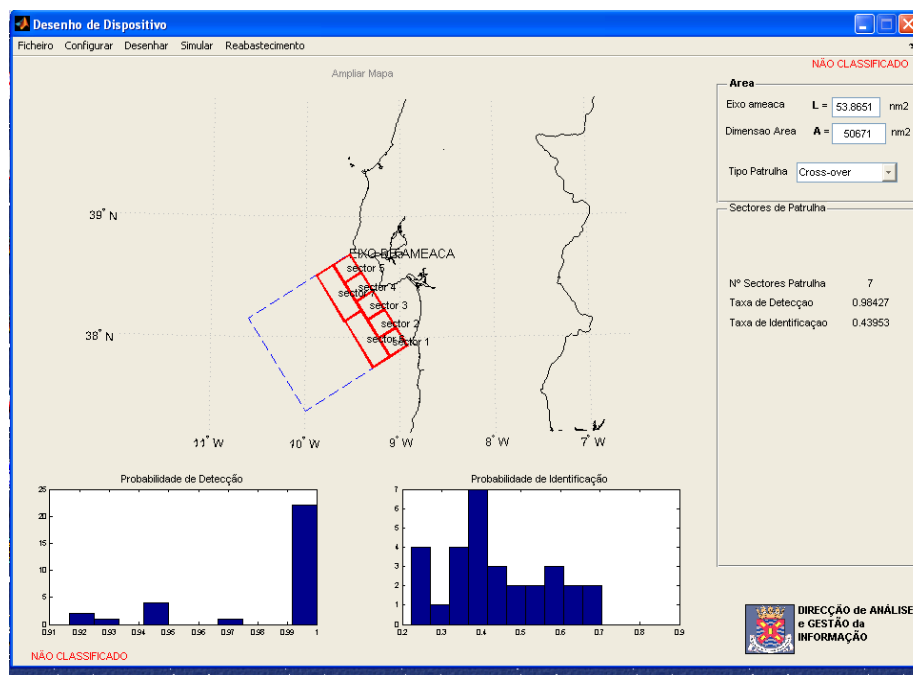


Figura 2-7 Interface do protótipo SADMIO

2.3.2.1 Problema de desenho de áreas

O problema de desenho de áreas está intimamente relacionado com a capacidade de cobertura dos meios disponíveis, relativamente a um conjunto de alvos. Numa missão de interdição marítima, os alvos consistem essencialmente em navios mercantes e embarcações de pesca. A capacidade de detetar estes alvos, essencialmente através de meios passivos (radar e olho humano), em conjunção com fatores logísticos, tais como a autonomia dos meios, vai determinar a dimensão e o número de áreas a patrulhar. Neste ponto, as curvas de distância lateral que realcionam a probabilidade de deteção de um navio (por exemplo, uma fragata) relativamente a um conjunto de alvos de interesse vai ser um fator crítico para o planeamento de uma missão desta natureza.

Na Operação *Sharp Guard* foram definidas duas áreas distintas: Montenegro e Otranto. Cada área requeria um número específico de navios. Não é do conhecimento a forma como foram definidas as subáreas de patrulhas para cada navio a operar nas duas áreas. De acordo com as normas de planeamento no manual ATP-31 (A) deve-se considerar uma partição de uma área de operações em subáreas de patrulha, que deverão ser patrulhadas exclusivamente por um único navio. Este tipo de planeamento permite uma melhor coordenação entre os meios envolvidos numa determinada área de operações.

O formato das subáreas de patrulha, que constituem uma área de operações, pode ser calculado de forma a otimizar a cobertura radar. Existem outros critérios para calcular o formato das subáreas e o seu dispositivo. Por exemplo, a cobertura radar não garante a detecção de todos os possíveis alvos que tentam atravessar determinada área. Alguns dos critérios que são passíveis de otimizar, são a cobertura radar, probabilidade de detecção, probabilidade de identificação, tempo médio até detecção ou identificação e taxa de abordagem/vistória. A adequação dos meios navais e a definição do tamanho e forma das subáreas de patrulha à densidade e ao tipo de navegação numa determinada zona geográfica deve ser objeto de análise, de forma a garantir a melhor afetação de recursos, tendo em vista o cumprimento da missão.

Vários fatores devem ser considerados quando se procede ao desenho das subáreas:

- Número de navios disponíveis;
- Sensores (Radares, Capacidade Noturna, ESM¹⁶, IR);
- Duração da Operação;
- Condições meteorológicas;
- Topografia;
- Sistema de armas (Alcance do armamento);
- Densidade de navegação;
- Ameaça.

No capítulo 6 do manual ATP-31 (A), é referido o caso de uma “patrulha de barreira”, cujo tipo de patrulha é linear. O número e dimensão das subáreas de patrulha são calculados utilizando os seguintes parâmetros:

C – fator de cobertura desejado.

T – duração da missão (horas).

U – velocidade do infrator (milhas náuticas).

V – velocidade do sensor (navio patrulha).

W – distância de varrimento do sensor (milhas náuticas).

Estes parâmetros conjugam-se numa fórmula que determina ***N***, o número de navios necessários, de forma a garantir um fator de cobertura ***C***. A largura e profundidade de cada uma das subáreas de patrulha é função de ***N*** e dos restantes parâmetros.

¹⁶ Electronic Support Measures.

Esta é uma abordagem teórica que permite, através de simples cálculos aritméticos, estimar o número de navios necessários e respectivas áreas de patrulha, necessários para garantir um fator de cobertura C .

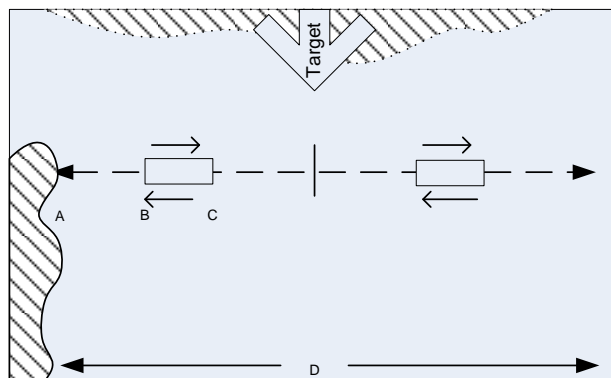


Figura 2-8 Patrulha de tipo linear

Neste documento, o termo Dispositivo Naval, será utilizado para referir a localização das subáreas de patrulha na área de operações, assim como as dimensões e formas geométricas (poligonais, retangulares, etc) e o tipo de navios afetos a cada uma das subáreas de patrulha.

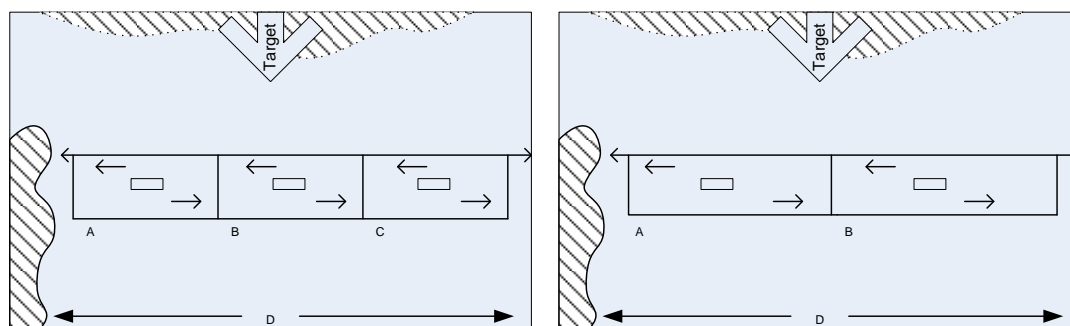


Figura 2-9 Dispositivos Navais em patrulha de barreira

Na figura acima, os dispositivos navais diferem no número de navios patrulha empregues e também na dimensão das subáreas de patrulha definidas, traduzindo diferentes fatores de cobertura C para um mesmo cenário

O cenário de uma missão de interdição marítima consiste numa área, designada área de operações, enquanto zona de passagem para diferentes tipos de embarcações, apresenta densidades de navegação distribuídas não homogeneamente por toda a área. A área poderá estar dividida em várias subáreas de patrulha, nas quais existe um único navio patrulha, cuja missão consiste em detetar, identificar e ou vistoriar embarcações.

Pretende-se minimizar o número de infratores, designados furadores, que constituem ameaça, no sentido de evitar que estes atravessem a área sem serem detetados e ou vistoriados.

Devido ao facto da densidade de navegação não estar distribuída homogeneamente por toda a área de operações e atendendo a que se pretende minimizar o número de navios não detetados, é natural supor que o dispositivo e a dimensão das subáreas, assim como o tipo de navios empregues, correspondem a decisões com potencial impacto no sucesso da missão.

Para avaliar o dispositivo das subáreas e as suas dimensões será utilizado um modelo de simulação. Pretende-se simular o cenário atrás descrito, de forma a aproximar o modelo o mais possível da realidade. O resultado da simulação corresponderá a taxas de deteção, identificação e ou de abordagem.

Nos testes computacionais efetuados, foram considerados dois tipos de cenário:

Cenário tipo 1 – são considerados n navios patrulha afetos a uma subárea de patrulha exclusiva e pretende-se avaliar a probabilidade de detetar um único infrator que tenta atravessar a área de operações sem ser detetado. Neste cenário considera-se uma área de operações retangular, em que um dos lados do retângulo corresponde ao eixo de ameaça, que define a aresta da área de operações por onde um hipotético infrator irá entrar e tentar atravessar a respetiva área sem ser detetado.

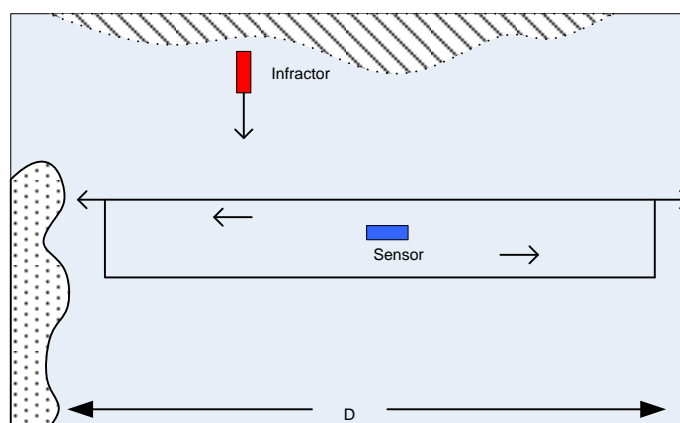


Figura 2-10 Cenário 1

Cenário tipo 2 – semelhante ao cenário 1, mas pretende-se avaliar a taxa de Deteção de contactos que constituem a navegação na área de operações. Estes “contactos” são de

vários tipos, como por exemplo, “pescas”, “mercantes” e navios de “recreio”. Neste caso o eixo de ameaça pode não estar definido ou existir mais do que um. A distinção entre os dois tipos de cenário está no número de contactos a simular.

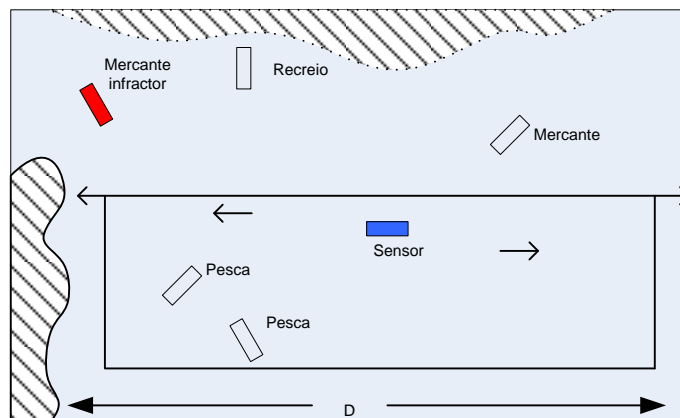


Figura 2-11 Cenário 2

2.3.2.2 Modelação da capacidade de deteção de navios - REGAVIST

Durante a fase de desenho e modelação do Sistema de Apoio à Decisão para Operações de Interdição Marítima (SADMIO) que decorreu em paralelo com a criação do Grupo de Projeto Integrado (GPI-SADMIO)¹⁷ foi identificada a necessidade de estimar a capacidade de deteção dos navios da armada portuguesa relativamente a um determinado conjunto de alvos, típicos de uma missão de interdição marítima. Na fase de modelação e para um maior realismo do simulador incorporado, especialmente quando integrando meios navais nacionais na operação, foi considerado o recurso exaustivo a dados empíricos no que respeita a distâncias de deteção radar e visual de contactos, como alternativa às tabelas do ATP-10 (D). As distâncias de deteção inicial assumem um papel importante na definição de medidas de eficácia, como é o caso da *probabilidade de deteção de um contacto*. Paralelamente, a recolha de dados desta natureza permite também a criação de tabelas de auxílio ao comando, referidos aos vários tipos de navios da esquadra naval, na condução de operações de busca e salvamento.

¹⁷ O GPI – SADMIO foi criado através do Despacho do CEMA nº36/06 de 3 de março.

ANEXO A
FOLHA DE REGISTO DE AVISTAMENTOS

[illegible]

- 1) **PrimDist** – R caso a detecção inicial tenha sido efectuada via radar, V caso visual.
- 2) **DistRad** – Distância Radara que um contacto é detectado pela primeira vez (milhas).
- 3) **DistVisual** – Distância que um contacto é detectado visualmente pela primeira vez (milhas), com ou sem auxiliares de visão.
- 4) **CarNavio** – Categoria do contacto P – Pesca, M – Mercante, G – Guerra, R – Recreio.
- 5) **TipNavio** – Tipo de navio P – pequeno, M – médio, G – grande, V – varredura.
- 6) **CondiClima** – Condições meteorológicas de acordo com a escala de Beaufort.
- 7) **Visib** – Visibilidade (milhas).
- 8) **NumViz** – Número de vigias na ponte por ocasião da detecção visual.
- 9) **Obs** – Observações e/ou notas complementares de outros sensores.

Tabela		CATEGORIA			
		Pesca	Mercante	Guerra	Recreio
TIPO	Pequeno	Embarcações sem cabine de até 10 metros	Até 80 metros	Até 80 metros	Até 8 metros
	Médio	Transemar, motonetas até 20 metros	Entre 80 e 150 metros	Entre 80 e 150 metros	Entre 8 e 16 metros
	Grande	Arrasto costeiro e largo, palanço/greio, grande porte, atuncheiro	Mais de 150 metros	Mais de 150 metros	Mais de 16 metros

Na imagem seguinte, tem-se a curva de distância lateral para a fragata da classe João Belo relativamente a mercantes médios:

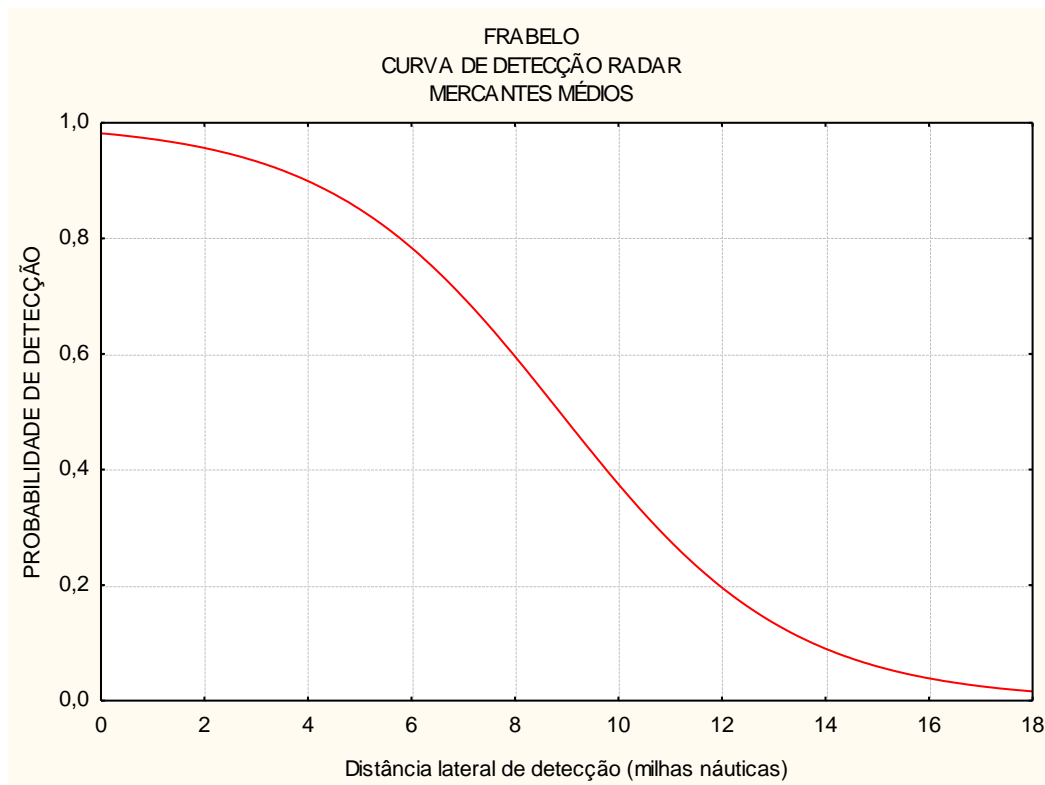


Figura 2-12 Curva de Detecção Radar – Classe João Belo

Os dados recolhidos foram alvo de um pré-tratamento de forma a construir eventos do tipo “alvo detetado” e “alvo não detetado”. Assim, numa situação onde um navio mercante foi detetado a 10 milhas náuticas, então são criadas, por simulação um conjunto de eventos, onde a menos de 10 milhas se considera que ocorreram um determinado nº de “deteções” e para valores superiores a 10 milhas ocorreram um determinado número de “não deteções”. A questão que surge neste ponto, é “quantas oportunidades devem ser consideradas para cada tipo de evento?”. Esta pergunta em si é uma questão de investigação em aberto.

Também é possível relacionar a probabilidade de deteção em função de duas variáveis. Repare-se que a curva de distância lateral depende apenas da distância lateral. Contudo, testou-se a construção de superfícies de deteção que dependem, não só da distância lateral, mas também da visibilidade em milhas. A imagem foi construída com o *software* de estatística STATISTICA, do qual a DAGI possui uma licença de utilização. A superfície corresponde ao modelo de regressão logística com dois regressores: distância lateral e visibilidade.

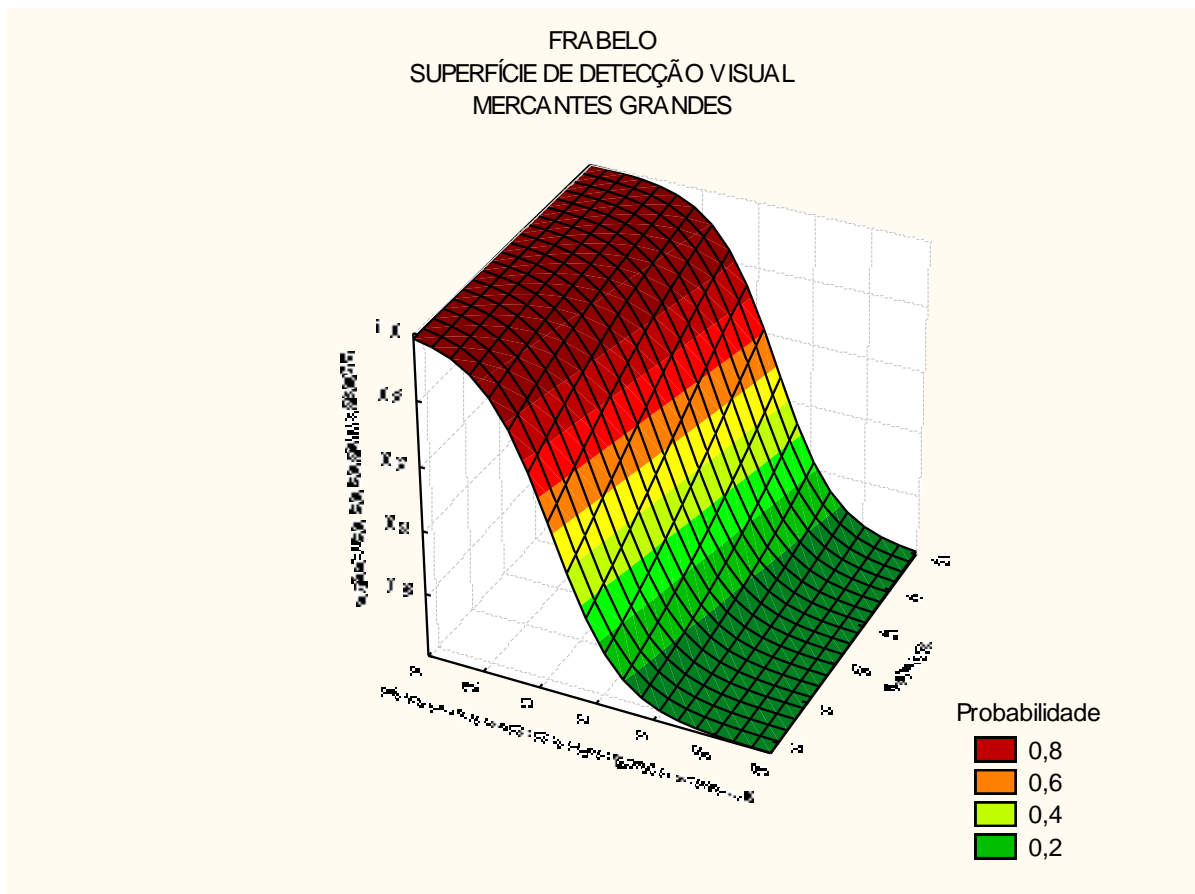


Figura 2-13 Superfície de Detecção Visual – Classe João Belo

O projeto SADMIO consistiu na primeira iniciativa da Marinha para construir curvas de distância lateral relativas aos navios da esquadra portuguesa. Contudo, o cenário que serviu de base para a recolha de dados, não permite garantir que estes sejam recolhidos num ambiente controlado. Note-se que as distâncias recolhidas correspondem a distâncias iniciais de deteção e não a distâncias laterais. Estas últimas pressupõem o conhecimento prévio da trajetória dos navios envolvido na experiência. A recolha destes dados continua até ao presente dia tendo a base de dados de avistamentos cerca de 5000 registos.

2.4 Modelação de Performance de Sensores

A modelação de performance de sensores eletro-óticos é uma construção matemática que permite a estima de desempenho de um sensor para efetuar uma função específica, em determinadas condições de operação. Um modelo de sensor permite então estimar a

probabilidade desempenho de uma função num sensor, dado um determinado grau de confiança, considerando e integrando fatores como o alvo, o cenário de fundo, as propriedades da atmosfera interveniente, o sistema ótico do sensor, o detetor, sistema eletrónico, o visor, e a interpretação humana da informação facultada pelo visor, conforme Figura 2-14. Ainda que cada um destes componentes pudesse ser estudado em detalhe, de forma independente, um sistema de imagem eletro-ótico não pode. Apenas através de uma análise completa de todos os componentes integrantes, se torna possível efetuar a otimização de um sistema.

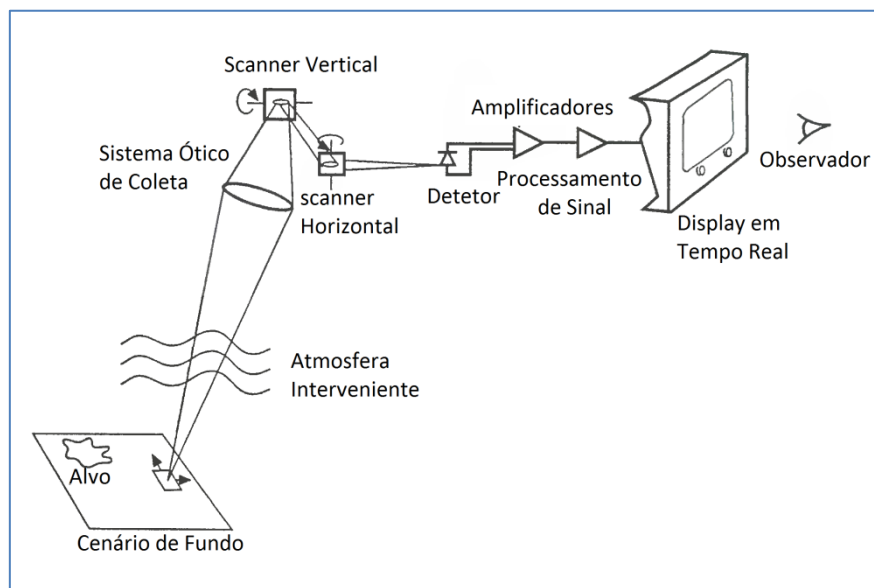


Figura 2-14 Modelo Compreensivo de Sensor Eletro-ótico

Ao contrário da resposta gerada por um circuito eletrónico, a capacidade de resposta por parte de um observador humano não é passível de ser medida, apenas deduzida através de múltiplas experiências psicológico-visuais. A metodologia para discriminação de Johnson¹⁸, conhecida como o critério de Johnson, mostra-se como a principal base no processo de interpretação da imagem olho/cérebro, sendo amplamente utilizado na estima do desempenho de sistemas de sensores eletro-óticos, quando sujeitos a diversas condições de operação ou ambientais.

¹⁸ John Johnson – Cientista de Visão Noturna Americano, que entre 1957 e 1958, com recurso a um conjunto de observadores voluntários, trabalhou para desenvolver métodos para prever a capacidade de detecção, reconhecimento e identificação de um alvo.

2.4.1 Limitações/Desafios

A modelação de sensores eletro-óticos está associada a um conjunto de limitações/desafios, a considerar no seu processo de desenvolvimento. Estas limitações podem ser de diversas naturezas:

- a) A representação geométrica do campo de visão do observador, considerando fatores como o seu método de varrimento, capacidade de deteção radial, obstáculos físicos, resolução do sensor ao longo da distância;
- b) Influência das condições atmosféricas e ambientais na estima de contrastes e capacidade de deteção, com especial ênfase na influência da reflexão solar, que é sobretudo relevante em ambientes de mar, menos em ambientes terrestres.

Um observador, conforme Figura 2-15, com uma capacidade de deteção radial uniforme, pode sofrer reduções significativas na sua capacidade de deteção efetiva, fruto da presença de obstáculos físicos, ou do efeito da iluminação solar no sensor, conhecido como *glint*¹⁹.

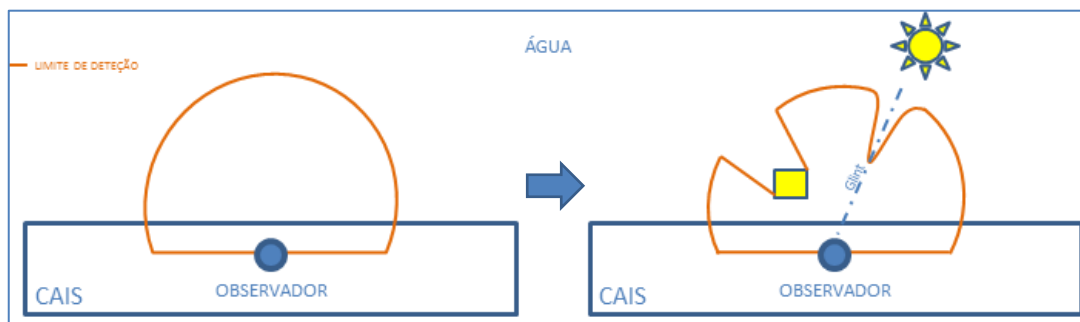


Figura 2-15 Capacidade de Deteção Radial

2.4.2 Função de Transferência de Modulação

A Função de Transferência de Modulação (MTF – *Modulation Transfer Function*) é o parâmetro primário a ser utilizado na análise, especificação e desenho de um sistema eletro-ótico. A MTF permite conhecer, em que medida, o sistema responde perante as frequências espaciais.

A definição de FTM inicia com a modulação, a variação sinusoidal do valor médio um sinal.

¹⁹ Glint – Fenómeno que ocorre quando a luz solar reflete numa superfície de água, exatamente no mesmo ângulo que um sensor observa a superfície.

Pela definição de função de transferência de um sistema, a MTF é então o quociente entre a modulação de saída produzida pelo sistema e a modulação de entrada, conforme Figura 2-16:

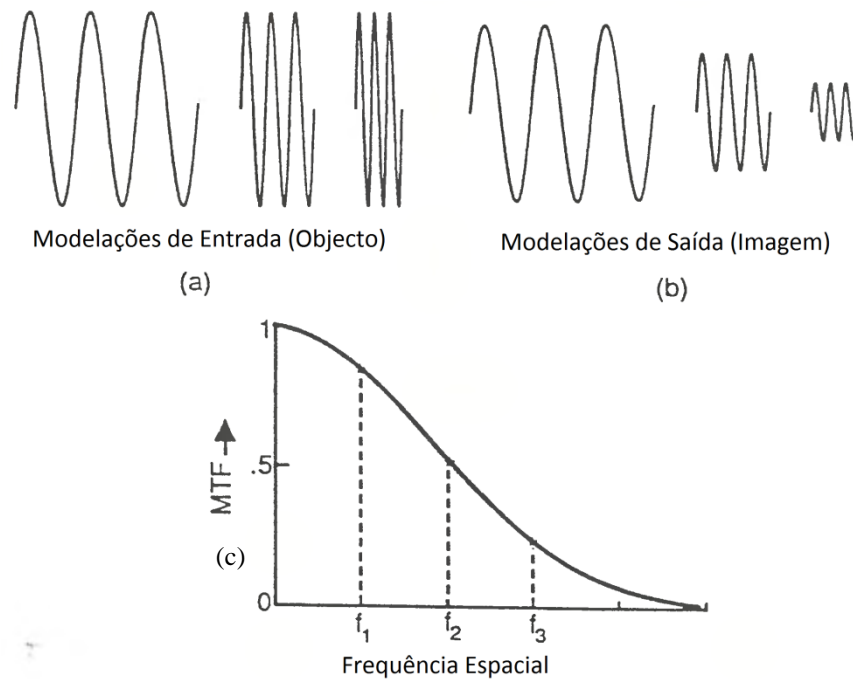


Figura 2-16 Função de Modulação de Transferência
 (a) Sinal de entrada pertencente a três frequências espaciais diferentes, (b) Sinal de saída das três frequências e (c) MTF.

Qualquer dos subsistemas que integram o sensor podem ser representados por uma MTF específica e a resposta do sensor, no seu conjunto, não é mais do que o produto das MTF's individuais de cada elemento que o compõe.

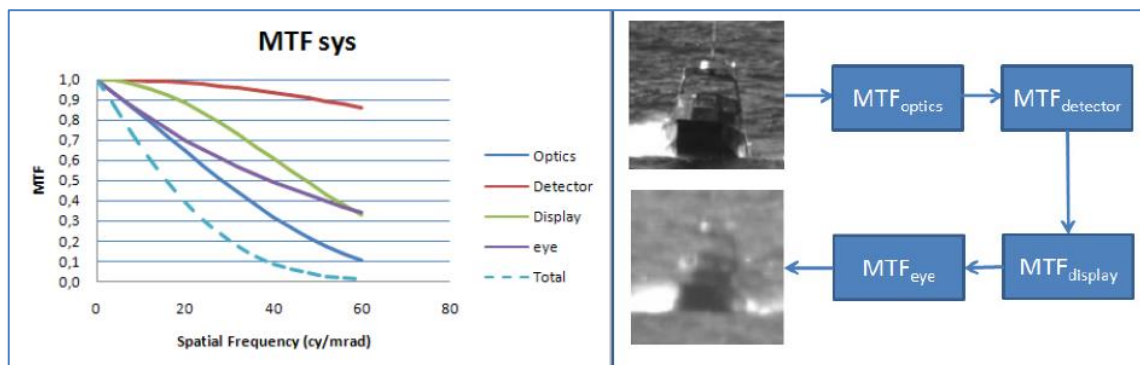


Figura 2-17 Integração das FTM dos Subsistemas

2.4.3 Assinatura do Alvo

A resposta dos sistemas eletro-óticos dependem sobretudo do conteúdo radiométrico do alvo face ao ambiente de fundo, que se designa por contraste, e a sua capacidade de discriminar detalhes sobre o alvo, dependendo das suas características de resolução espacial.

Um alvo é um objeto que se pretende detetar, reconhecer ou identificar. O cenário de fundo é qualquer distribuição de radiação que contrabalance com o alvo. O cenário de fundo pode variar com o âmbito de aplicação, conforme Figura 2-18. A assinatura de um alvo são todas as características espaciais, espectrais e de intensidade, que façam a distinção do alvo dentro do cenário de fundo. Normalmente, a assinatura do alvo é distinguida de início pela banda espectral que é analisada pelo sensor: assinatura no visível e assinatura de infravermelho, para os regimes térmicos.

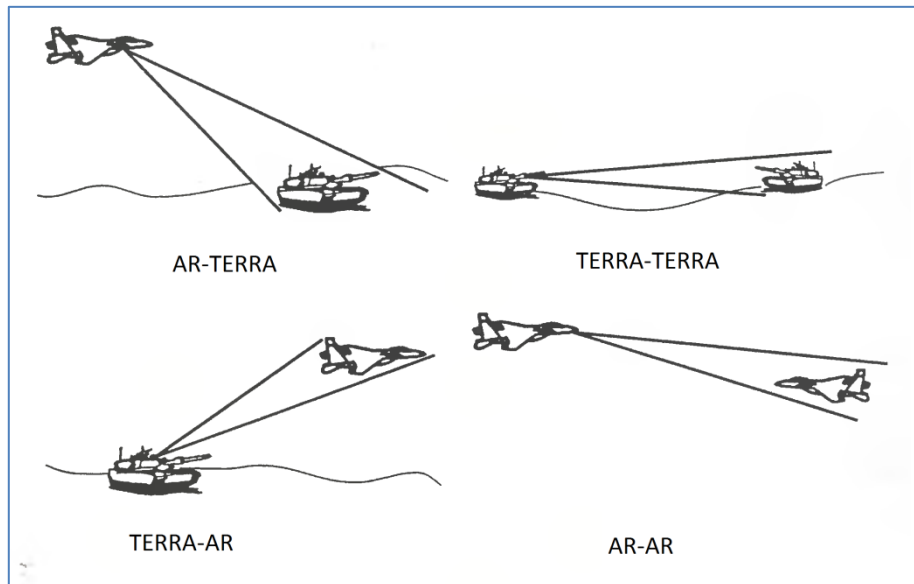


Figura 2-18 Cenários de Fundo

Para a quantificação da assinatura térmica de um alvo é prática comum a sua representação através de um diferencial de temperatura alvo-cenário de fundo (ΔT). Apesar de inicialmente direcionado para a análise de assinaturas térmicas, o seu método é genérico para todas as bandas do espectro.

A assinatura infravermelha de um alvo é resultado de uma interação entre o alvo e o próprio meio ambiente, com efeito, os modelos de previsão necessitam estimar com detalhe a radiação emitida pelo alvo, com a presença e ausência da influência de fatores atmosféricos. Por exemplo, um avião, conforme Figura 2-19, dependendo do ângulo de

visão e cenário de fundo, as suas asas e fuselagem podem parecer estar mais quentes ou frias que o cenário de fundo.

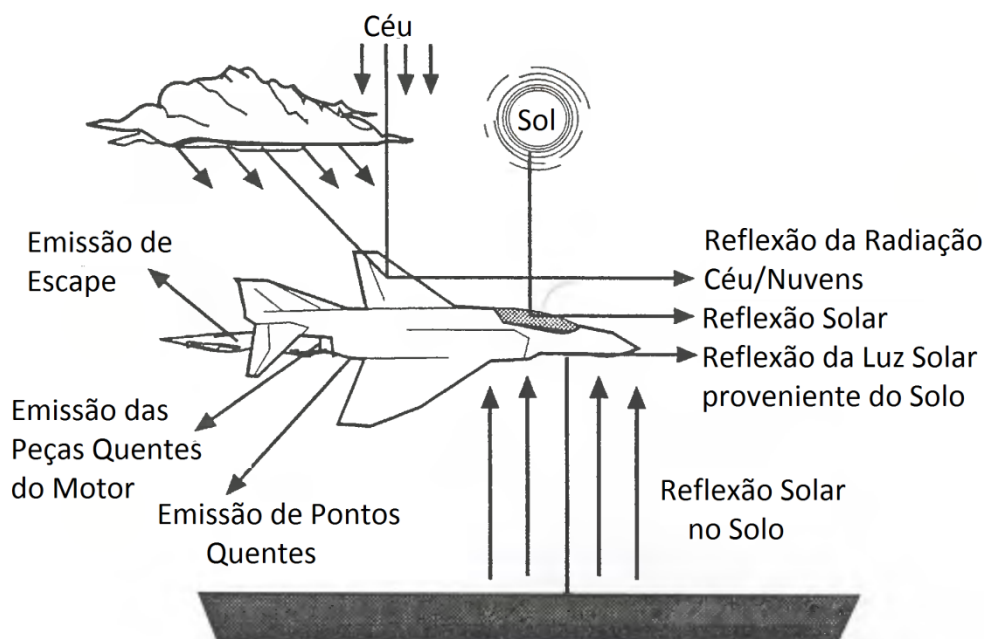


Figura 2-19 Assinatura de Alvo no Meio Ambiente

2.4.4 Critério de Johnson

Discriminação é um processo onde um determinado objeto, dentro de um conjunto, é atribuído a um subconjunto de objetos mais pequenos, com base na capacidade de percepção do observador. Em Howe (1993), ele refere que “*Discriminação é a habilidade de discernir um objeto embutido num cenário confuso. O simples facto de se avistar uma mancha de cor/borrão um cenário confuso, normalmente, não indica, com um grau de confiança elevado, a presença de um alvo...outro tipo de deteção discutido com frequência na literatura, é a deteção militar. Trata-se da determinação de um objeto à imagem de interesses militares. Se a simples presença de um objeto é suficiente para indicar o interesse militar do próprio objeto, por exemplo, observar um objeto no céu, então deteção pura é equivalente a deteção militar. Se, por outro lado, o observador necessita discriminar um objeto entre outros no seu campo de visão, para determinar qual detém interesse militar, então deteção por discriminação é equivalente a deteção militar*”. Não existem valores de discriminação específicos a um sistema particular. O critério de Johnson assenta num processo de discriminação dividido em três níveis, deteção, reconhecimento e identificação. Para o efeito, o critério assume que

o alvo se encontra no centro do campo de visão, extinguindo a necessidade de procura, e atribui períodos/barras à menor dimensão de um alvo, conforme Figura 2-20.

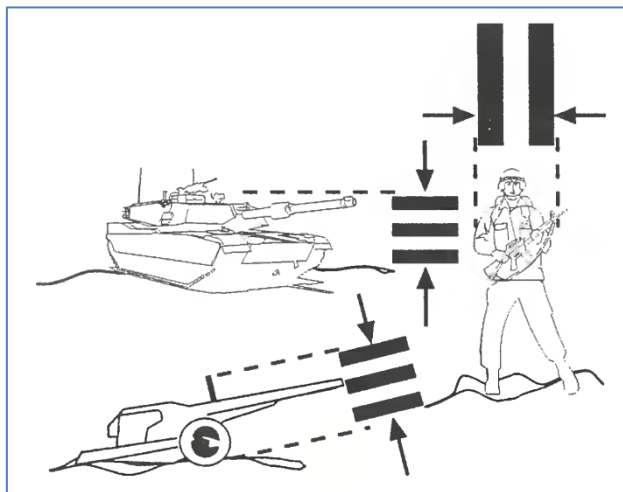


Figura 2-20 Mínima Dimensão dos Alvos utilizados por Johnson

O processo de observar é tido como uma habilidade de aprendizagem perceptual, onde as relações criadas pelo cérebro, ao incorporar outros sistemas sensoriais, como emoções, aprendizagem, e memória, são muitas e pouco compreendidas. O ato de observar varia entre indivíduos e ao longo do tempo, pelo que o uso de métrica, por exemplo, detecção, reconhecimento e identificação, necessita de ser tratada estatisticamente, e nunca tida como valores absolutos.

Com efeito, Johnson desenvolveu a sua metodologia em laboratório, utilizando modelos à escala de oito veículos militares e um soldado, em contraste o um fundo branco. Posteriormente, observadores, com recurso a intensificadores de imagem, foram solicitados a detetar, reconhecer e identificar os alvos. Foi utilizado um gráfico *Tri-Bar*²⁰ da Força Aérea dos EUA, conforme Figura 2-21, cujas barras possuíam também elas o mesmo contraste utilizado nos modelos à escala, por forma a aferir a frequência do padrão de barras resolúvel máximo. O método consistia no aumento gradual do número de barras, em relação à menor dimensão do alvo, até ao limite em que estas ainda pudessem ser individualmente resolúveis. Os resultados tornaram-se a base da metodologia de discriminação contemporânea, conforme Tabela 2-3.

²⁰ Gráfico *Tri-Bar* – Utilizado para testar o poder de resolução de sistemas eletro-óticos. A maior barra que o sistema não conseguir discernir representa o limite do seu poder de resolução.

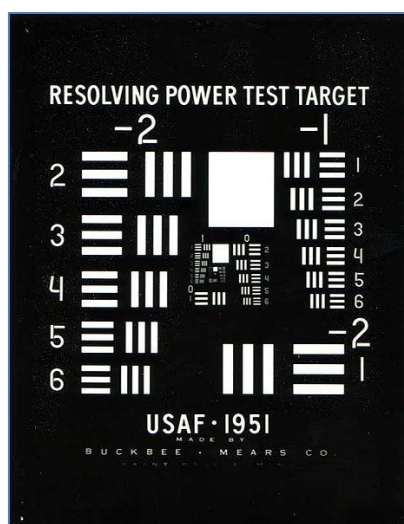


Figura 2-21 Gráfico *Tri-Bar*

Nível de Discriminação	Significado	Relação Períodos/Barras pela Menor Dimensão
Deteção	Um objeto está presente	1.0 ± 0.025
Reconhecimento	A categoria a que pertence o objeto (ex. Tanque, Camião, Soldado).	4.0 ± 0.80
Identificação	O objeto é discernível com suficiente detalhe para especificar o tipo (ex. Tanque T-52 ou Jeep amigo).	6.4 ± 1.50

Tabela 2-3 Resultados de Johnson

Johnson estudou ainda o impacto sentido na capacidade de deteção, reconhecimento e identificação, com perspetiva em que o alvo era avistado, uma vez que caso este fosse visto de frente ou de lado, o menor dimensão a considerar na aplicação dos períodos também divergia, conforme Figura 2-22. Este fato tinha especial importância na capacidade de reconhecimento, por exemplo, a peça de um tanque é vista com relativa facilidade de uma perspetiva lateral, mas de difícil discernimento de uma frontal. Esta experiência assumiu que, relativamente ao reconhecimento, quatro períodos/barras era tido como pessimista, três como otimista, sendo a média 3,5, contudo a indústria adoptou o valor de 4 períodos/barras para a capacidade de reconhecimento, a um nível de probabilidade de 50%.

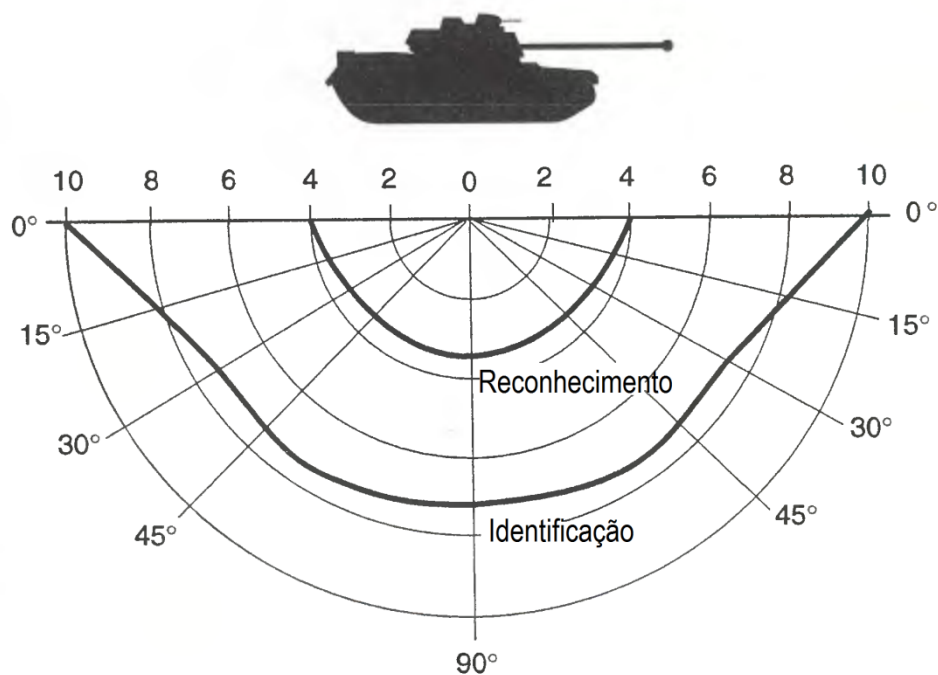


Figura 2-22 Número de Períodos em Função do Ângulo de Observação do Alvo

2.4.4.1 Função de Probabilidade de Transferência de Alvo

A modelação de sensores baseia-se em 2 pontos:

- a) A radiometria de um alvo e cenário de fundo, avistados pelo observador, isto é, o seu contraste;
- b) A caracterização de todo o canal de propagação através de MTF's, que determinam o conteúdo da imagem observada em termos das suas frequências espaciais.

Resultados de experiências como a de Johnson, providenciam uma medida aproximada para um nível de discriminação de 50% de probabilidade, isto é, dentro do grupo de observadores, 50% dos observadores devem conseguir avistar/discriminar o alvo e 50% não, não especifica que um observador, individualmente, consiga avistar/discriminar 50% das vezes. Com base nos seus resultados é possível a construção de uma função empírica capaz de correlacionar a frequência de resolução máxima com a probabilidade de cumprir uma determinada tarefa, em relação à distância, dentro de um determinado critério de aceitação. Esta função é denominada de Função de probabilidade de transferência de alvo (TTPF – *Target Transfer Probability*

Function), conforme Figura 2-23. Para o efeito, os modelos utilizados para definir o contraste de um alvo são:

- Contraste Mínimo Resolúvel, para o regime do visível;
- Variação da Temperatura Mínima Resolúvel (MRTD - *Minimum Resolvable Temperature Difference*), para imagem térmica.

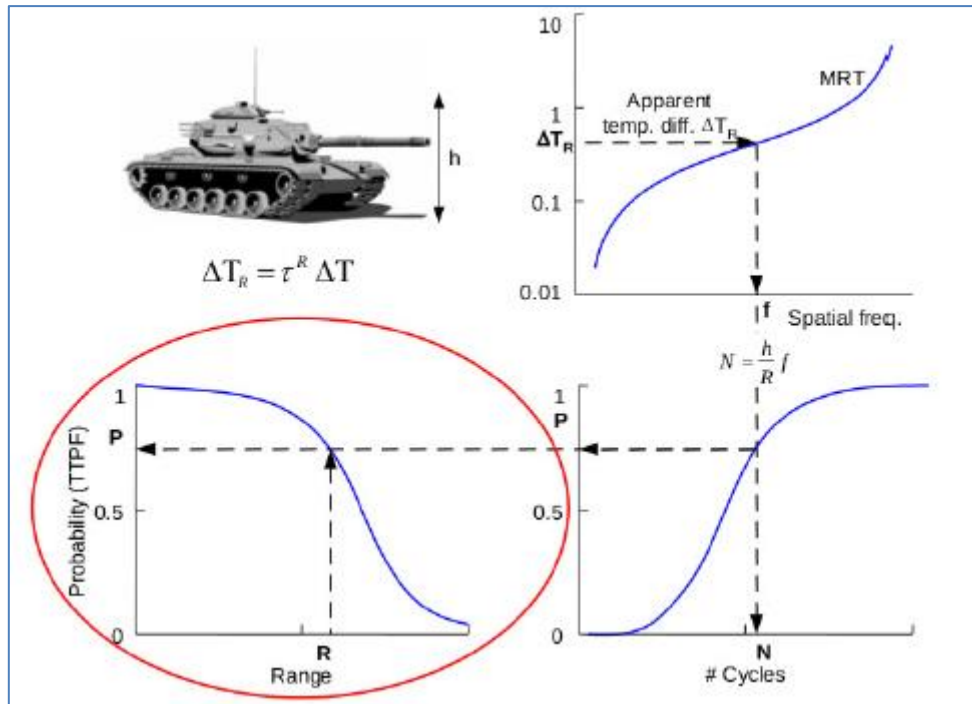


Figura 2-23 Metodologia para determinar Probabilidade de execução de uma determinada tarefa por um sistema Eletro-ótico, relativamente à distância de observação

Em conformidade com a Figura 2-24, a modelação de sensores, segundo o critério de Johnson e a respetiva representação em termos de TTPF, permite então determinar, por exemplo, com um critério de aceitação de 90%, a probabilidade de deteção, reconhecimento e identificação de um sensor específico, a uma distância de 5,3 km do alvo.

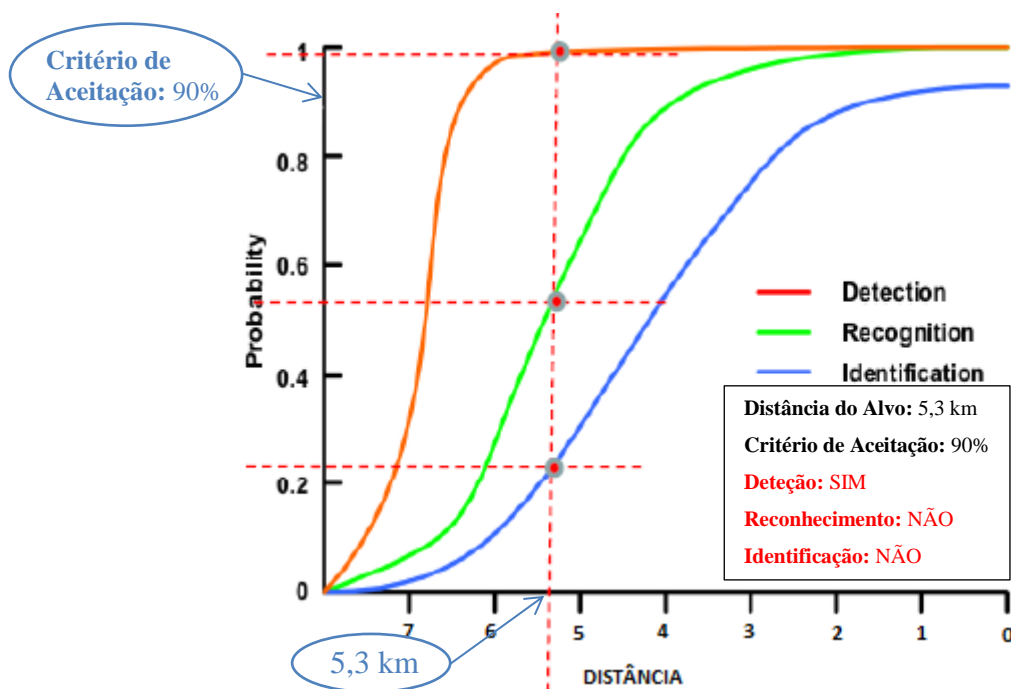


Figura 2-24 Exemplo Prático

2.4.5 Discriminação Bidimensional

No caso de alvos de grandes dimensões, é habitual a utilização do número de pixéis no alvo, em substituição dos períodos/barras utilizadas por Johnson. Um pixel é o elemento mais pequeno passível de ser resolúvel num sistema de imagem. O número de pixéis num retângulo é facilmente definido, uma vez tratar-se da simples multiplicação do número de pixéis existentes em largura pelos de comprimento. Em Moser (1972), este utilizou silhuetas em preto e branco de navios, conforme Figura 2-24, concluindo que são necessários 36 pixéis para uma vista ampla latera do navio, 100 pixéis para discernir o objeto enquanto navio, e 500 pixéis para determinara a posição da superestrutura.

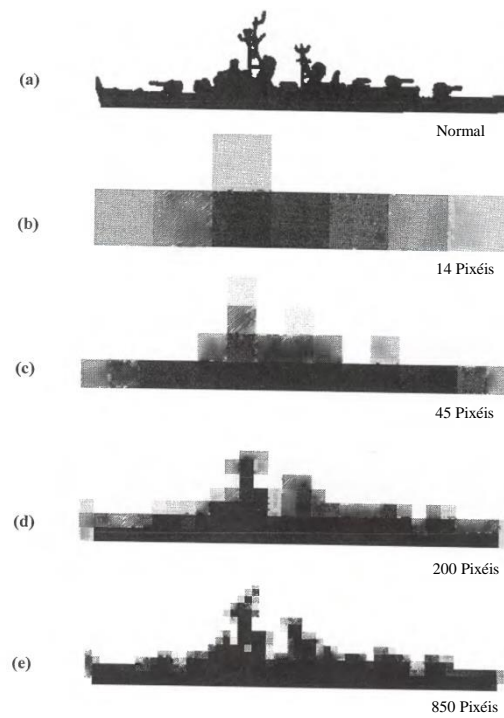


Figura 2-25 Silhueta de um Navio degradada em pixéis

Capítulo 3

Planos de Avaliação Operacional de Sistemas Eletro-óticos no Projeto SAFEPORT

3.1 Enquadramento

3.2 Plano Mestre

3.3 Plano de Avaliação

3.4 Plano de Teste

3.5 Cenário de Defesa Portuária com Sensores

Eletro-óticos

3 Capítulo 3: Planos da AO de Sistemas Eletro- óticos no Projeto SAFEPORT

3.1 Enquadramento

Para o correto planeamento e condução da AO, são utilizados três documentos oficiais, o Plano Mestre, o Plano de Avaliação e o Plano de Teste. Estes documentos contêm a informação necessária para o planeamento e condução das várias fases do processo da AO, conferindo desde os enfoques iniciais para a avaliação, à materialização das experiências reais (testes) para a recolha de dados e validação do sistema. Ao conjunto destes três documentos e respetivos anexos dá-se o nome de **caderno de provas**. A conciliação das metodologias apresentadas nos capítulos anteriores com os planos deste capítulo confere um modelo padrão para a condução simples e prática de avaliação de um dado sistema. É importante referir que os planos apresentados neste capítulo, se encontram desenhados para contemplar as mais diversas necessidades da avaliação de um sistema, pelo que nem todos os campos neles referidos se compactuam / são obrigatórios para todo o tipo de sistemas ou tipo de avaliação pretendidos.

3.2 Plano Mestre

O Plano Mestre (Quadro 3-1), adaptado da publicação EMA-333 (2004), é o primeiro documento oficial a ser produzido no processo da AO. O Plano Mestre retrata um entendimento geral da avaliação que se pretende conduzir, fornecendo uma visão global das pretensões e limitações definidas para o sistema e avaliação.

Quadro 3-1 Conteúdo do Plano Mestre

1 - PROPÓSITO DO PLANO

2 - CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

Enunciado do Problema

Entendimento do Problema

Propósitos da Avaliação

3 - DEFINIÇÃO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA

(Requisitos ou especificações originalmente estabelecidas para o sistema)

4 - DEFINIÇÃO DAS TAREFAS, AMEAÇAS E CENÁRIOS

5 - ABRANGÊNCIA DA AVALIAÇÃO

(Demarcação dos limites materiais e imateriais relacionados com as necessidades apontadas pelo entidade responsável pela avaliação, bem como e o montante de recursos financeiros que ele está disposta a despende)

6 - ABORDAGEM DA AVALIAÇÃO

(Sumário das atividades a serem executadas para a consecução da avaliação)

Definição do Problema

Planeamento da Avaliação

Execução da Avaliação

Apresentação dos Resultados

7 - DOCUMENTOS A EDITAR

Exemplo:

ATIVIDADE	DOCUMENTOS
<i>Definição do Problema</i>	<i>Plano Mestre</i>
<i>Planeamento da Avaliação</i>	<i>Plano de Avaliação</i>
	<i>Plano de Teste</i>
<i>Execução da Avaliação</i>	<i>Relatórios Preliminares</i>
<i>Apresentação de Resultados</i>	<i>Relatórios de Análise dos Testes</i>
	<i>Relatório da Avaliação Operacional</i>

8 - RESTRICÇÕES

9 - RECURSOS NECESSÁRIOS

10 - CRONOGRAMAS

Físico (Atividades versus Previsão)

Execução Financeira (Atividades versus Custos Estimados)

3.3 Plano de Avaliação

O Plano de Avaliação (Quadro 3-2), adaptado da publicação EMA-333 (2004), é o documento responsável pelo detalhe de todos os componentes do processo de avaliação de um sistema. Caso seja aplicado o conceito evolutivo durante o processo da avaliação, é habitual existirem diversas versões do plano de avaliação, por forma a adaptá-lo e retificar eventuais erros.

Quadro 3-2 Conteúdo do Plano de Avaliação

1 - PROPÓSITO DO PLANO

1.1 - CONCEITO E PROPÓSITO DO PA *(Em conformidade com Plano Mestre)*

1.2 - ABRANGÊNCIA DO PA *(Em conformidade com Plano Mestre)*

2 - ANÁLISE DAS TAREFAS, AMEAÇAS E CENÁRIOS (TAC)

2.1 - DESCRIÇÃO DAS TAREFAS

2.2 - DESCRIÇÃO DAS AMEAÇAS

2.3 - DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS

2.3.1 - Cenário Físico

(Caracterização das áreas de exercício)

2.3.2 - Outros Cenários

2.4 - DEFINIÇÃO E ANÁLISE DAS TAC

3 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA

(Descrição funcional e operacional do sistema)

(Pode ser revertido para anexo devido às suas dimensões)

4 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E AMBIENTAIS CRÍTICAS

4.1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

(Quaisquer limites máximos ou mínimos de projeto, quaisquer aspetos críticos de manobrabilidade, quaisquer recomendações técnicas, originadas do fabricante e consideradas críticas para a operação; em síntese, quaisquer características técnicas inerentemente relacionadas com a operação do sistema, identificadas como críticas)

4.2 - CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

(Quaisquer limites, faixas, índices motivados por fatores ambientais, que influenciem a operação do sistema de maneira crítica)

5 - ASPETOS OPERACIONAIS CRÍTICOS

5.1 - ASPETOS DE EFICÁCIA OPERACIONAL

5.2 - ASPETOS DE ADEQUABILIDADE OPERACIONAL

5.3 - OBJETIVOS DO TESTE

5.4 - DIAGRAMA DE DECOMPOSIÇÃO FUNCIONAL

(Decomposição dos aspectos críticos até ao ponto de identificação dos Elementos Essenciais de Análise (EEA))

5.5 - CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO

(Categorização / quantificação das variáveis utilizadas, para posterior análise e processamento dos dados)

5.6 - ELEMENTOS ESSENCIAIS DE ANÁLISE (EEA)

6 - TESTES DE AVALIAÇÃO

6.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

6.1.1 - Limitações do Desígnio dos Testes

6.1.2 - Período de Testes

6.1.3 - Procedimentos para Coleta de Dados

6.2 - TESTES

6.2.1 - Lista de Testes

Testes de Exploração da eficácia operacional (desempenho) e da adequabilidade operacional (confiabilidade, sustentação e disponibilidade);

Testes de Verificação da adequabilidade operacional (apoio logístico, interoperabilidade, fatores humanos, segurança, documentação e consistência de processamento de dados).

6.2.2 - Especificação Preliminar dos Testes

7 - ESTIMATIVAS DE CUSTO

8 - RESULTADOS ESPERADOS

(Metas a serem atingidas no final da avaliação)

3.4 Plano de Teste

Um plano de Teste (Quadro 3-3), adaptado da publicação EMA-333 (2004), é um documento que contém toda a informação necessária para a realização de uma experiência real, com vista à recolha de dados empíricos de um tuplo alvo/sistema/condições metoc. A simples posse do documento deverá, tentativamente, permitir a reprodução e condução do teste, independentemente da entidade responsável, possibilitando a obtenção e validação de novos dados amostrais, com a realização de cada teste.

Quadro 3-3 Conteúdo do Plano de Teste

<p>1 - <u>PROPÓSITO</u> (Finalidade do Teste)</p> <p>2 - <u>PRÉ-REQUISITOS</u> (Ações a serem realizadas previamente à execução do Teste)</p> <p>3 - <u>DURAÇÃO ESTIMADA / FITA DE TEMPO</u> (Tempo gasto, estimadamente, na execução do Teste. Não estão necessariamente incluídos os tempos para descanso, substituições e reposicionamentos, nem tempos de preparação para o Teste)</p> <p>4 - <u>VARIÁVEIS DE TESTE</u></p> <p>4.1 - <u>DEPENDENTES</u> (Correspondem aos EEA que se desejam determinar)</p> <p>4.2 - <u>INDEPENDENTES</u></p> <p>4.2.1 - <u>Controladas</u> (Ex: rumo x velocidade Y para o Teste; ou, temperatura ambiente Z \pm 10% graus)</p> <p>4.2.2 - <u>Não-Controladas</u> (Ex: condições ambientais durante o teste)</p> <p>5 - <u>RECURSOS NECESSÁRIOS</u></p> <p>5.1 - <u>MATERIAIS</u> (Plataformas; equipamentos para interface; alvos; apoios logísticos; suplementos - combustíveis, munições, em síntese, qualquer material consumível)</p>

no teste; instrumentos de medição e de registo; computadores; simuladores; e equipamentos de comunicação)

5.2 - HUMANOS

(Elementos envolvidos no planeamento do teste - engenheiros de sistema, Matemáticos, estatísticos, operadores com experiência de campo)

Condutores de Teste - Supervisores, anotadores, operadores do sistema e figurativos inimigos / alvos)

(Organização Operacional)

5.3 - IMATERIAIS

(Sinais eletro-eletrônicos de entrada - simulações, correntes, voltagens etc; procedimentos operacionais atuais; avaliação de riscos; experiência operacional com sistemas similares; documentação; e, técnicas usadas para obter realismo)

6 - AMBIENTE DE OPERAÇÃO *(Cenário Físico do Teste)*

(Área de exercício no qual o sistema irá operar; área secundária ou alternativa; Condições ambientais que, por questões de segurança não podem ser testadas. Limitações devido a restrições de custos)

7 - CONDIÇÕES INICIAIS

(Situação particular do sistema aquando do momento de inicio de um Teste)

8 - SEGURANÇA

(Normas de segurança diferentes das usualmente ou formalmente estabelecidas)

9 - PROCEDIMENTOS

(Descrição detalhada dos passos a serem seguidos no processo de condução e execução cronológica do Teste, bem como do registo de dados. Exige-se boa técnica de redação, para se evitar textos dúbios)

(Determinar trajectórias, tarefas às subunidades, etc.)

10 - REFERÊNCIAS

(Documentos que deverão estar disponíveis, se necessários, durante a execução do Teste)

11 - ANEXOS

3.5 Cenário de Defesa Portuária com Sensores Eletro-óticos

A avaliação de um determinado sistema está inexoravelmente associada a um cenário de operação. Na eventualidade de um cenário de defesa portuária, como é o caso do projeto SAFEPORT, existem diversas características ambientais específicas de difícil reprodução, aquando da elaboração de uma experiência real, especialmente quando combinadas com as características inerentes aos próprios sensores. Esta dissertação contempla um cenário de defesa portuária com recurso a sensores eletro-óticos, cuja avaliação, pretende aferir especificamente, a capacidade de deteção e identificação de um mergulhador hostil, e evasivo à deteção, através de pontos fixos, ou plataformas móveis (Botes).

O projeto DATPOW prevê a realização de um “*Real Exercise*” com o propósito de recolher dados para construir modelos de deteção dos sensores (de superfície e subsuperfície). O foco principal deste exercício está na avaliação de um dispositivo de segurança, constituído por sensores de superfície e subsuperfície para deteção de uma ameaça submarina materializada por um mergulhador “terrorista”. O local que se encontra em avaliação pelo GT-DATPOW é o cais e a zona circundante ao Portinho da Costa, sito na margem sul do Rio Tejo. Este cais possui um comprimento de 160 metros e permite atracagem de navios de grande porte. Os motivos para considerar este cais e respetiva zona circundante para a realização de um exercício de defesa portuária residem nos seguintes factos:

- Possibilidade de receber navios com comprimento superior a 100 metros, o que permite simular a defesa de um reabastecedor, fragata ou destroyer da NATO.
- Zona circundante é caracterizada por ser uma área de trânsito de navios mercantes e de embarcações de recreio que permitem simular os efeitos destes elementos na deteção de uma ameaça terrorista.

- O cais do Portinho da Costa é uma zona militar sob jurisdição da Marinha Portuguesa, existindo facilidade em usar as instalações para a realização de um exercício de campo de defesa portuária.

Face aos objetivos do “*Real Exercise*” proposto pelo GT-DATPOW, no presente trabalho, foram realizadas entrevistas com mergulhadores do Destacamento de Mergulhadores Sapadores (DMS) com o objetivo de recolher informação relativa à exequibilidade do exercício. Um dos fatores determinantes para que um mergulhador possa operar numa determinada área com o objetivo de detonar um engenho explosivo próximo de um alvo (por exemplo, no caso de um navio atracado ou fundeado) reside no padrão das correntes de superfície e subsuperfície do rio Tejo. Estas correntes irão afetar, de forma determinante, o movimento de um mergulhador que constitui a ameaça. Um mergulhador para operar debaixo de água necessita que as correntes sejam inferiores a 0,5 nós. Caso a corrente seja igual ou superior a este valor, a operação de um mergulhador carece de um equipamento de locomoção submersível²¹. Mesmo a utilização de uma *scooter* submersível está limitada a correntes inferiores a 1,5 nós. Uma outra limitação para a utilização do cais do Portinho da Costa está na dificuldade controlar o tráfego do rio Tejo de forma a não interferir com a realização da experiência. Por estes motivos, na presente dissertação, considera-se a utilização da Base Naval do Alfeite para a realização da experiência de campo. A área da BNL está mais resguardada dos efeitos das correntes de marés e está interdita a navegação de recreio ou comercial, sendo um local de eleição pelos especialistas do DMS para a realização da experiência. Contudo, a escolha do local carece de uma cuidada avaliação dos prós e contras de cada uma das alternativas. O presente trabalho pretende estudar a opção “BNL” como alternativa à opção que está no momento a ser considerada pelo GT-DATPOW.

Por forma a desenvolver uma experiência real, que consiga reproduzir de forma fiel o cenário proposto, bem como determinar a capacidade efetiva de deteção de um mergulhador com recurso a um sensor eletro-ótico, devem estar retratadas as seguintes considerações:

²¹ *Scooter* submarinas.

- Incapacidade de efetuar um seguimento contínuo do mergulhador, devido à inexistência de sistemas de GPS que operem em profundidade, sem denunciar a posição ou presença do seu utilizador, limitando significativamente a precisão temporal e espacial dos dados relativos à trajetória do mergulhador, desenvolvendo assim a necessidade de criação de mecanismos de controlo específicos na condução de uma experiência real, conforme Figura 3-1;

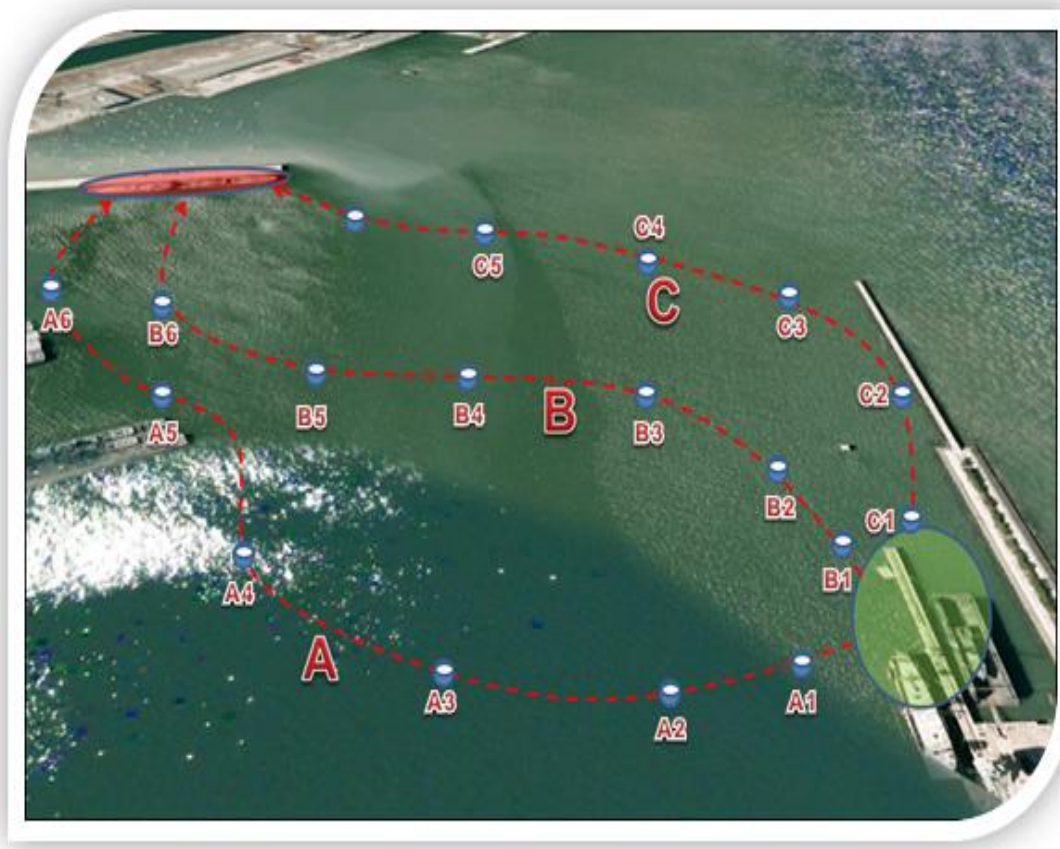


Figura 3-1 Itinerários Pré-definidos de Mergulho

- Necessidade de uma área controlada para a experiência, com as características pretendidas (complexo portuário). Este fator torna-se especialmente pertinente, quando tido em consideração a possibilidade de embarcações não pertencentes à experiência, pretenderem navegar na área designada, comprometendo não só os dados obtidos, bem como a integridade física dos mergulhadores e outros elementos na água. Para este efeito, deverão existir grupos de segurança capazes de vedar a área e assegurar a segurança dos elementos inseridos na experiência, conforme Figura 3-2;

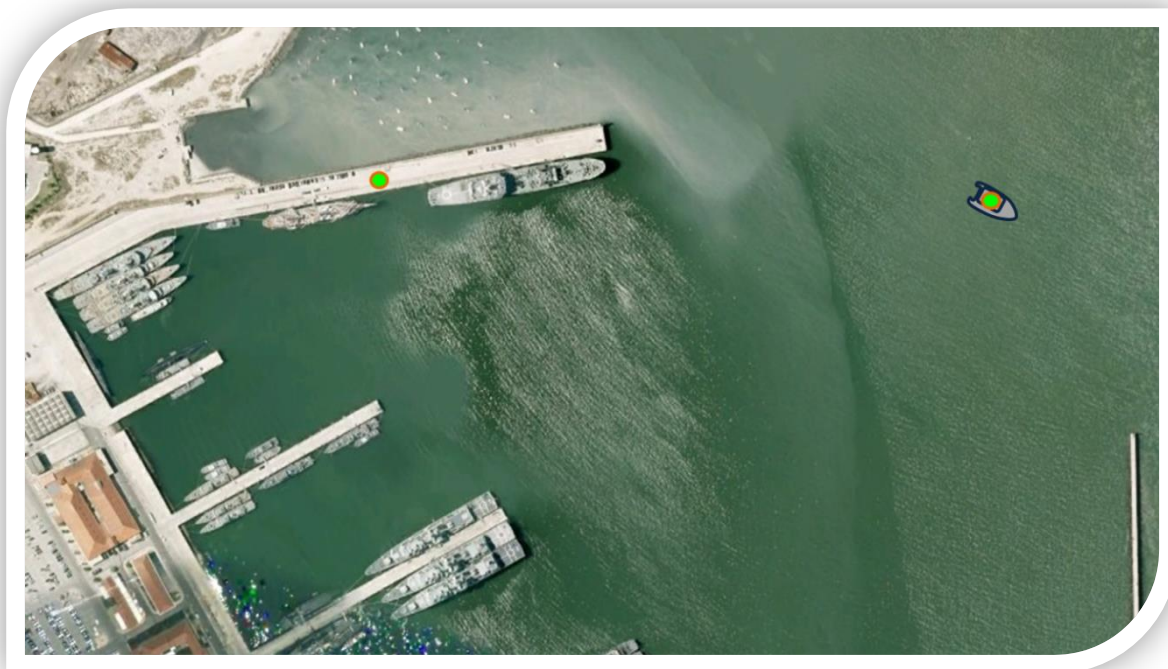


Figura 3-2 Disposição Grupos de Segurança do Exercício

- A experiência necessita de possuir um período longo de execução, por forma a abranger os arcos, noturno e diurno, e aspetos como a fadiga e períodos de rotação entre vigias, conforme Figura 3-3;
- O planeamento da experiência deverá contemplar a ocorrência de operações de mergulho, durante os períodos de troca / rendição de serviço dos elementos de vigia, dado tratar-se de uma característica / vantagem tática habitualmente utilizada por forças hostis, conforme Figura 3-3;

PERÍODO/HORA	GRUPO	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
0001H - 2400H	MERGULHADORES	M5(1) M6(2)	M1(3) M2(4)		M3(5)	M4(6)	M5(7) M6(8)		M1(9)	M2(10)	M3(11)		M4(12) M5(13) M6(14)	M1(15)		M2(16)	M3(17) M4(18)		M5(19)	M6(20) M1(21)				M2(22)	M3(23) M4(24)
	OBSERVADORES			TROCA OBS1	TROCA OBS2		TROCA OBS1		TROCA OBS2	TROCA OBS1			TROCA OBS1 TROCA OBS2			TROCA OBS1	TROCA OBS2		TROCA OBS1		TROCA OBS2	TROCA OBS1			TROCA OBS1 TROCA OBS2
	SUPERVISORES			TROCA SUP				TROCA SUP				TROCA SUP			TROCA SUP			TROCA SUP				TROCA SUP			
	ANOTADORES			TROCA ANOT1	TROCA ANOT2		TROCA ANOT1		TROCA ANOT2	TROCA ANOT1			TROCA ANOT1 TROCA ANOT2			TROCA ANOT1	TROCA ANOT2		TROCA ANOT1		TROCA ANOT2	TROCA ANOT1			TROCA ANOT1 TROCA ANOT2
	SEGURANÇA EXER			TROCA SEGE				TROCA SEGE					TROCA SEGE			TROCA SEGE					TROCA SEGE				TROCA SEGE
	SEGURANÇA MERG			TROCA SEGM				TROCA SEGM				TROCA SEGM			TROCA SEGM			TROCA SEGM				TROCA SEGM			
	ODT	PODE EFECTUAR TROCA OU DELEGAR FUNÇÕES, SEMPRE QUE CONSIDERE CONVENIENTE																							

2401H-4800H	MERGULHADORES			M5(25) M6(26) M1(27)	M2(28)		M3(29)	M4(30)	M5(31)	M6(32)	M1(33)		M2(34) M3(35) M4(36)		M5(37)	M6(38)			M1(39) M2(40) M3(41)	M4(42) M5(43) M6(44)	M1(45)	M2(46) M3(47)	M4(48)		
	OBSERVADORES			TROCA OBS2	TROCA OBS1		TROCA OBS2		TROCA OBS1	TROCA OBS2			TROCA OBS1 TROCA OBS2			TROCA OBS2	TROCA OBS1		TROCA OBS2		TROCA OBS1	TROCA OBS2			
	SUPERVISORES			TROCA SUP									TROCA SUP					TROCA SUP				TROCA SUP			
	ANOTADORES			TROCA ANOT2	TROCA ANOT1		TROCA ANOT2		TROCA ANOT1	TROCA ANOT2			TROCA ANOT1 TROCA ANOT2			TROCA ANOT1	TROCA ANOT2		TROCA ANOT2		TROCA ANOT1	TROCA ANOT2			
	SEGURANÇA EXER			TROCA SEGE					TROCA SEGE				TROCA SEGE			TROCA SEGE					TROCA SEGE				
	SEGURANÇA MERG			TROCA SEGM					TROCA SEGM				TROCA SEGM					TROCA SEGM				TROCA SEGM			
	ODT	PODE EFECTUAR TROCA OU DELEGAR FUNÇÕES, SEMPRE QUE CONSIDERE CONVENIENTE																							

* OBS1 - GRUPO COMPOSTO POR 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR AN-PVS 14, 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR F5050 E 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR SOPHIE-R;

* ANOT1 - GRUPO DE ANOTADORES QUE ACOMPANHA OBS1;

* OBS2 - GRUPO COMPOSTO POR 3º OBSERVADOR C\SENSOR AN-PVS 14, 3º OBSERVADOR C\SENSOR F5050 E 3º OBSERVADOR C\SENSOR SOPHIE-R;

* ANOT2 - GRUPO DE ANOTADORES QUE ACOMPANHA OBS2;

*OBS1 - GRUPO COMPOSTO POR 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR AN-PV5 14, 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR F5050 E 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR SOPHIE-R;

*OBS2 - GRUPO COMPOSTO POR 3º OBSERVADOR C\SENSOR AN-PV5 14, 3º OBSERVADOR C\SENSOR F5050 E 3º OBSERVADOR C\SENSOR SOPHIE-R;

*ANOT1 - GRUPO DE ANOTADORES QUE ACOMPANHA OBS1;

*ANOT2 - GRUPO DE ANOTADORES QUE ACOMPANHA OBS2;

Figura 3-3 Fita de Tempo do Exercício

- Uma vez tratar-se, em termos básicos, da capacidade de detecção, semelhante à utilizada em modelos de busca, existe a necessidade de adaptação e aplicação destes mesmos modelos na elaboração de uma experiência real;
- O Plano mestre carece de um conhecimento explícito das condições logísticas e cronológicas, abrangências e restrições da avaliação pretendida para os sensores eletro-óticos. A sua elaboração faz parte das incumbências de um Estado-Maior, no momento em que requer a avaliação de um determinado sistema, pelo que a sua elaboração não é aplicável a esta dissertação.
- Um mergulhador, dado a especificidade da natureza do seu movimento, isto é, oculto à vista de elementos à superfície, só poderá ser detetado nos períodos que recorra à superfície para efeitos de navegação / orientação, sendo que os períodos de exposição de um mergulhador hostil são consideravelmente mais reduzidos quando comparados a um mergulhador em atividades lúdicas;
- O processo de planeamento da experiência deve contemplar períodos de descanso para os mergulhadores, assim como percursos exequíveis em tempo de movimento, atendendo que um mergulhador se desloca a uma velocidade média

de 20m por minuto e não consegue contrariar correntes com força igual ou superior a 0,5 nós.

- Dificuldade de independência dos dados, dado que após uma primeira deteção, tal como na realidade, o observador / vigia está mais alerta para uma segunda aparição do mergulhador, desta vez mais próximo. A este facto podem estar ainda associados erros, falsos positivos, quando o vigia pensa ter visto algo que de facto não se encontrava lá, ou oportunidades perdidas, vezes em que o mergulhador veio à superfície e não foi detetado;
- A elaboração de tabelas direccionadas para a recolha de dados ambientais e experimentais no mar. Considerando as necessidades de recolha de dados estatísticos para a construção de curvas de distância Lateral, associadas à teoria de busca, bem como para a modelação de performance de sensores. Na recolha de dados referentes ao processo de discriminação da modelação de Performance de sensores, deverá ser limitada aos níveis de discriminação de deteção e Identificação, uma vez tratarem-se de deteções de natureza militar (mergulhador), e uma vez reconhecido um alvo, este é obrigatoriamente assumido como identificado, dado tratar-se de uma ameaça;

[illegible]

Tabela 3-1 Modelo de Coleta de Dados

- Necessidade de criação de mecanismos dentro da experiência, por forma a garantir a existência de eventos para despiste de falsos positivos na capacidade de deteção, bem como, diferenciação entre a deteção e identificação de um determinado alvo. Este conceito passa pela inclusão, no planeamento da experiência, de oportunidades de deteção com recurso a bóias, em substituição

do mergulhador, obrigando a um maior rigor por parte dos observadores, registrando o alvo como identificado ou detetado, conforme este têm ou não certeza, respetivamente, do que avistou, conforme Figura 3-4.

		Nº DE MERGULHO																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ITINERÁRIO		B	A	A	C	B	C	C	A	C	A	A	B	A	C	B	B	C	A	B	B	A	C	B	C
BÓIAS		B1,B5	A2	A4	C3,C6	B2	C1	C4	A3,A5	C2,C3	A1,A6	A5	B3	A3,A4	C5,C6	B4,B5	B1,B2	C2	A1	B6	B3,B4	A2,A3	C4,C5	B5	C6
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
ITINERÁRIO		A	C	B	C	A	B	B	A	A	B	C	A	C	B	C	A	B	C	B	A	B	C	A	C
BÓIAS		A6	C4	B2	C1,C2	A5,A6	B1,B2	B3,B4	A3,A6	A1,A2	B5,B6	C6	A2	C4,C5	B3	C4	A2	B2	C5	B3	A3	B6	C3,C6	A4	C1

Figura 3-4 Planeamento de vindas à superfície com bóias

Os fatores acima mencionados estão exemplificados com maior precisão no Plano de Avaliação (Anexo A) e Plano de Teste (Anexo B) que integram esta dissertação.

3.5.1 Exequibilidade da Experiência

Face às dificuldades identificadas, aquando da elaboração da experiência real, foi necessária a interação com os mergulhadores do Destacamento de Mergulhadores Sapadores (DMS) da Marinha. Nesta interação, os mergulhadores foram confrontados com os objetivos a atingir na realização de uma experiência real, na qual foram identificados problemas / desafios, para os quais foi necessário encontrar uma solução. Por exemplo, na realização de uma experiência controlada, torna-se necessária a edificação de capacidades que permitam conhecer a cada momento a posição do mergulhador. Com efeito, foi acordado em consenso, que devido à inexistência de capacidade de seguimento com recurso a GPS submarino, a solução passava pela elaboração de itinerários pré-definidos de mergulho, materializado com recurso a cabo guia de nylon, bóias de patamar e lastros, permitindo definir pontos exatos e conhecidos onde os mergulhadores deverão surgir à superfície, conforme Figura 3-5, permitindo assim oportunidades de deteção. Devem ainda ser fixadas bóias alternativas aos lastros, com o intuito de serem utilizadas pelos mergulhadores, os quais deverão ser instruídos através do planeamento do mergulho, em pontos específicos, a enviar a bóia à superfície em substituição de si, durante um período definido, procedendo de seguida ao afixamento da bóia e retoma do percurso.

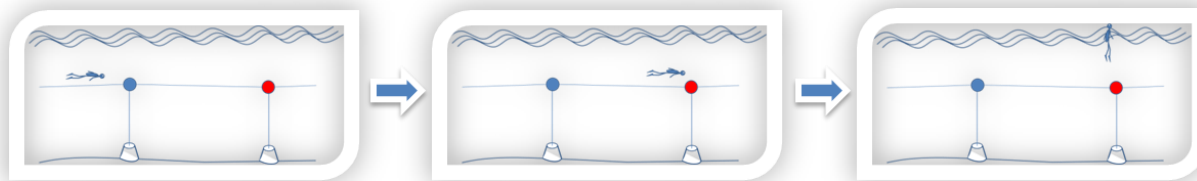


Figura 3-5 Método de Seguimento de Mergulho

3.5.2 Tipologia dos Dados Recolhidos

Devido às especificidades supracitadas, torna-se especialmente relevante a tipologia dos dados a recolher durante a realização da experiência real, por forma a abranger as necessidades identificadas no âmbito da teoria de busca, modelação de performance de sensores e exequibilidade da experiência. Com efeito, em conformidade com a Tabela 3-2, os dados recolhidos durante a experiência real, com uma duração de 48h, estão associados a três trajetórias distintas (A, B e C), cada uma com seis pontos de vinda à superfície pré-definidos. Cada trajetória possui um total de 16 corridas, distribuídas segundo o planeamento da fita de tempo para o período de 48h da experiência, sendo que existem um total de nove observadores permanentes com sensores (olho humano com ou sem auxiliares), distribuídos por 3 equipas, correspondendo á criação de 864 oportunidades de deteção por trajetória, num total de 2592 oportunidades de deteção para toda a experiência.

As vindas à superfície encontram-se divididas em dois tipos, as vindas à superfície de bóias e de Mergulhadores. As vindas à superfície de bóias representam 23 das 96 vindas possíveis por trajetória, refletindo um total de 621 das oportunidades de deteção criadas para a experiência. As vindas à superfície de mergulhadores representam as 73 vindas à superfície existentes, refletindo 1971 das oportunidades de deteção criadas para a experiência.

TRAJETÓRIA	Nº CORRIDAS	Nº EQUIPAS (OBSERVADORES)	Nº ELEMENTOS POR EQUIPA (OBSERVADORES)	Nº VINDAS À SUPERFÍCIE C\BÓIAS	Nº VINDAS À SUPERFÍCIE C\MERGULHADORES	Nº OPORTUNIDADES C\BÓIAS	Nº OPORTUNIDADES C\MERGULHADORES	Nº OPORTUNIDADES POR TRAJETÓRIA
A (6)	16	3	3	23	73	207	657	864
B (6)	16	3	3	23	73	207	657	864
C (6)	16	3	3	23	73	207	657	864
TOTAL						621	1971	2592

Tabela 3-2 Tipologia dos Dados

As oportunidades de deteção, e consequentemente os dados propriamente ditos, estão limitados por dois fatores de naturezas distintas:

- Uma vez não existir uma data definida para a concretização da experiência, não é possível aferir o número de horas de arco diurno e noturno, resultante do desconhecimento do número de horas de luz por dia, e o momento em que se dará início à experiência, pelo que não é conhecido o número de oportunidades criadas na experiência, referentes a cada arco;
- O número de oportunidades da experiência encontra-se limitado pelas condições ambientais, uma vez que a cada oportunidade de deteção está associado a um conjunto específico de condições ambientais e operação, pelo que o total de oportunidades de deteção da experiência terá de ser subdividido, implicando uma menor quantidade de dados estatísticos para cada conjunto de condições ambientais e operação.

3.5.3 Escolha do Local para Exercício – BNL VS Portinho da Costa

A escolha de um local apropriado para a realização de uma experiência real é um aspeto fulcral no processo de planeamento de uma avaliação de sistemas. O local da experiência necessita possuir duas características principais:

- Ambiente tão controlado quanto possível, permitindo aferir e manipular com precisão as variáveis dos dados que se pretendem recolher, e garantir a vedação da área de exercício a quaisquer elementos externos;
- Ambiente operacional o mais próximo possível do previsto para a aplicação do sistema.

O projeto SAFEPORT identificou como desejável a realização de uma experiência real no Cais do Portinho da Costa, junto à Trafaria, contudo, face às especificidades de uma experiência real para sensores eletro-óticos, apresentadas durante o capítulo, surgiu a necessidade de comparar o Cais do Portinho da Costa com Base Naval de Lisboa (BNL), em termos de viabilidade da execução da experiência.

3.5.3.1 Cais do Portinho da Costa

O Cais do Portinho da Costa, conforme Figura 3-6, é um cais NATO situado na margem sul do rio Tejo, junto à Trafaria. Apesar de se tratar de um cais NATO não possui instalações logísticas pertencentes à Marinha Portuguesa. A posição geográfica do cais torna-o de difícil vedação a quaisquer embarcações externas à experiência, uma vez tratarem-se de águas de circulação livre, e com elevada afluência de embarcações civis. Como principal problemática da sua posição, o cais está exposto ao efeito das correntes que se fazem sentir no rio, condicionando severamente a execução de operações com mergulhadores, dado que a partir de força de corrente igual ou superior a 0,5 nós, um mergulhador não consegue contrariar a sua direção, e no Cais do Portinho da Costa, o valor da força da corrente só desce abaixo desses valores no estófo da maré.

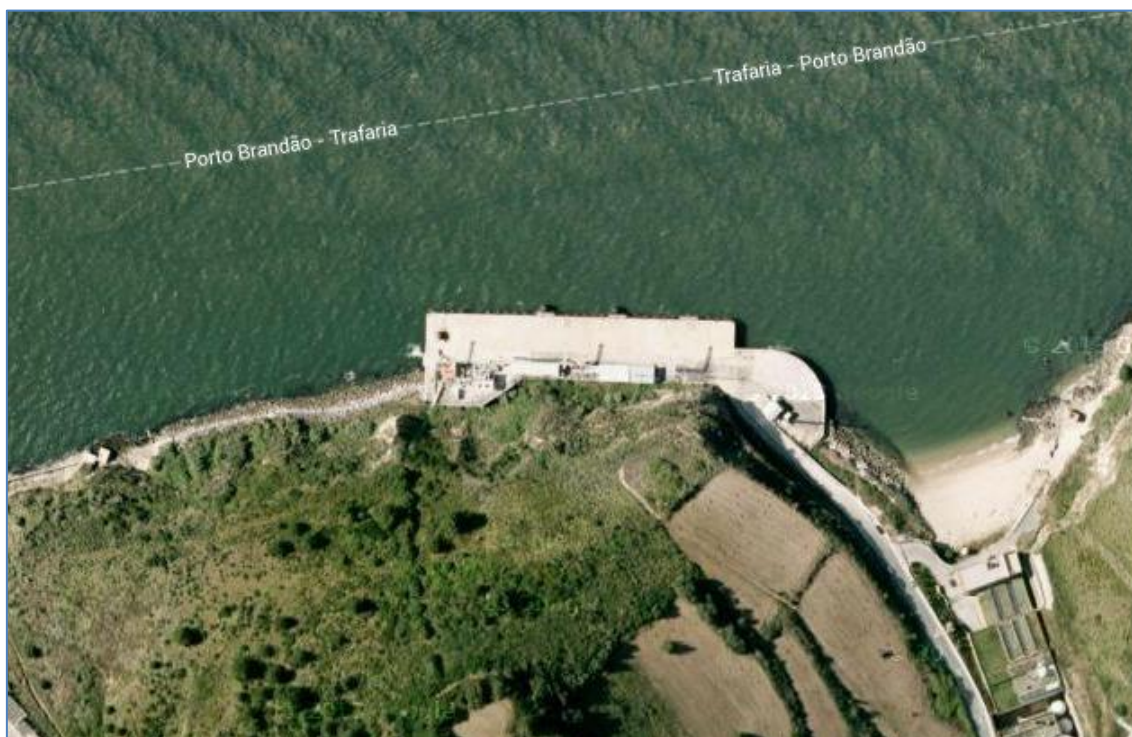


Figura 3-6 Cais do Portinho da Costa

3.5.3.2 Base Naval de Lisboa (BNL)

A Base Naval de Lisboa, conforme Figura 3-7, é a Base Naval da Marinha Portuguesa, situada no Alfeite. A base possui os diversos órgãos de apoio logístico inerentes à instituição. A posição resguardada dos seus cais, de correntes e trânsito de embarcações civis permite uma precisão e controlo significativos dos dados recolhidos na experiência. A Base Naval do Alfeite não é um cais NATO aberto a embarcações

estrangeiras, contudo detém condições apropriadas, visto os Navios da Marinha Portuguesa serem Navios da NATO. Um dos aspetos mais relevantes para a preferência da BNL em relação ao Cais do Portinho da Costa está nas condições logísticas disponibilizadas. Facilmente, as messes, quer de oficiais como as de sargentos e praças, poderão acomodar um contingente entre 50 a 100 pessoas, no sentido de fornecer almoço ou jantar. Outras facilidades, como equipamentos sanitários móveis, montagem de tendas e postos de controlo serão de mais fácil montagem. Outro fator relevante, prende-se com a utilização das câmaras de vigilância de tipo CCTV, sendo que existe um dispositivo destes que cobre a área molhada da entrada da base. A imagem destas câmaras é monitorizada a partir do Gabinete do Oficial de dia, constituindo uma oportunidade para avaliar este tipo de equipamentos.

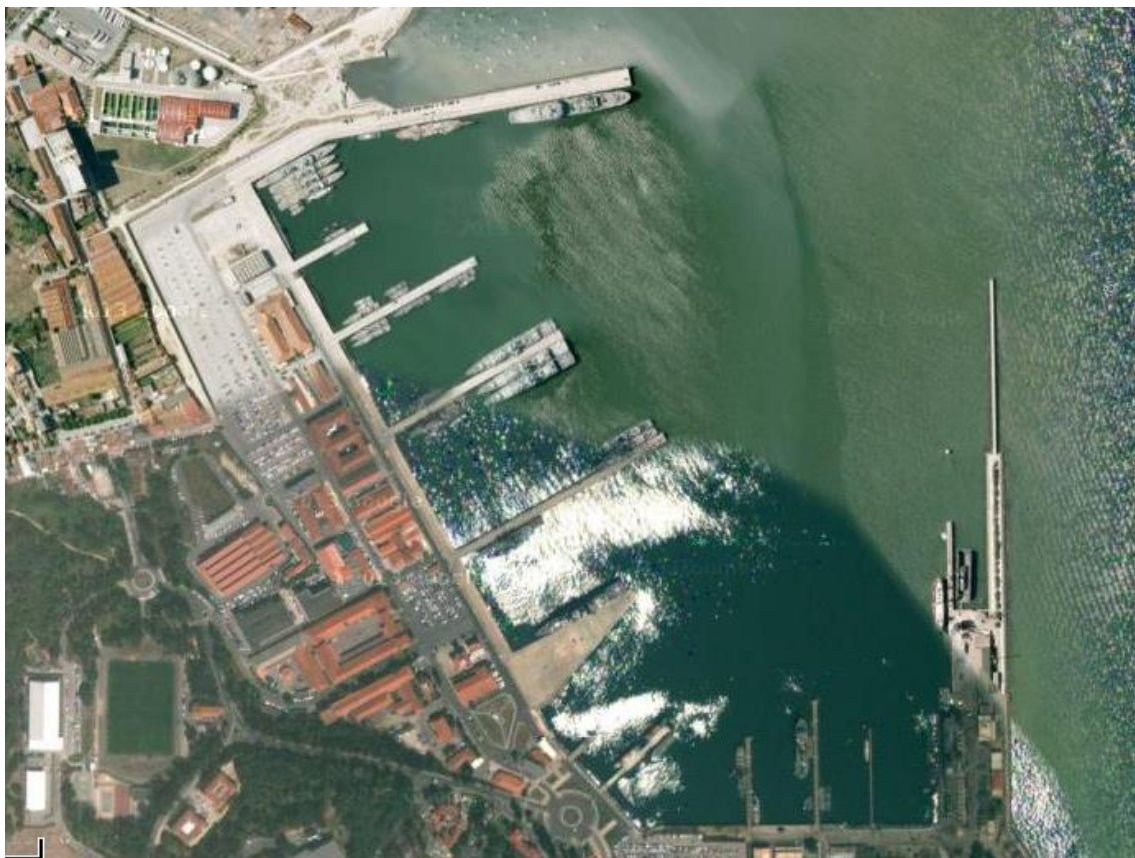


Figura 3-7 Base Naval de Lisboa

Como resultado da comparação, a BNL mostra-se como a escolha mais viável para a realização de uma experiência real para a avaliação de sensores eletro-óticos.

Capítulo 4

Resultados e Conclusões

4.1 Considerações Teoria de Busca VS Modelação de Performance de Sensores

4.2 Considerações sobre a aplicação da AO na MP

4.3 Local para Realização de Experiência de Campo

4.4 Recomendações e Trabalho Futuro

4 Capítulo 4: Resultados e Conclusões

4.1 Considerações Teoria de Busca VS Modelação de Performance de Sensores

No âmbito da determinação da capacidade de deteção de um sensor eletro-ótico em ambiente de defesa portuária surgem dois métodos distintos:

- Teoria de Busca – Curva de Distância Lateral;
- Modelação de Performance de Sensores – Função de Probabilidade de Transferência de Alvo.

Ambos os modelos praticam uma abordagem semelhante no processo de recolha de dados estatísticos, atribuindo curvas de probabilidade em função da distância, a conjuntos específicos de condições ambientais e operação. As diferenças mais significativas entre modelos são:

- A teoria de busca considera a dinâmica entre o alvo e sensor no processo de deteção, em oposição da modelação de performance de sensores, que retrata um sensor e alvos estáticos;
- A modelação de performance de sensores integra três níveis de discriminação, a deteção, o reconhecimento e a identificação, sendo que a teoria de busca apenas considera um, a deteção.

Em conclusão, face ao ambiente de realização da experiência (águas restritas), bem como o contraste intrínseco de um mergulhador, e a sua capacidade de dissimulação no meio ambiente, a modelação de performance de sensores mostra-se um a modelo mais adequado às necessidades supracitadas, fornecendo uma estima da probabilidade dos sensores, em termos da capacidade de deteção, reconhecimento e identificação, relativamente à distância de observação do alvo.

4.2 Considerações sobre a aplicação da AO na MP

Uma das contribuições desta tese reside no fato em que ela disponibiliza, num só documento, estudos e considerações sobre Avaliação Operacional que são escassos e que se encontram dispersos na literatura.

Foi apresentado no decorrer deste trabalho um projeto de teste de AO de sensores eletro-óticos que permite a recolha de dados para o sistema SAFEPORT. Porém, a metodologia apresentada pode ser utilizada para quaisquer condições e equipamentos que sejam de interesse para análise por parte da Marinha Portuguesa.

4.3 Local para a realização de Experiência de Campo

A análise do local para a realização da experiência real pretende aferir a presença de três propriedades no local escolhido:

- Ambiente tão controlado quanto possível, permitindo aferir e manipular com precisão as variáveis dos dados que se pretendem recolher, e garantir a vedação da área de exercício a quaisquer elementos externos;
- Ambiente operacional o mais próximo possível do previsto para a aplicação do sistema.
- Exequibilidade da experiência relativamente às condições ambientais e de operação que existentes no local, face às limitações inerentes à condução de operações de mergulho

Associado a estas propriedades, um conjunto de vantagens e desvantagens associadas aos locais disponíveis para a realização do teste são apresentadas na Tabela 4-1.

	BASE NAVAL DE LISBOA	PORTINHO DA COSTA
VANTAGENS	<ul style="list-style-type: none">• Custo reduzido de realização, devido à existência de menses e outros órgãos logísticos;• Elevada exequibilidade da experiência, fruto da posição resguardada do seu cais, a	<ul style="list-style-type: none">• Capacidade de simulação dos efeitos de uma área de trânsito de navios mercantes e de recreio na capacidade de deteção de uma ameaça terrorista.

DESVANTAGENS	embarcações e correntes na zona; • Facilidade na obtenção e utilização das capacidades logísticas; • Elevada capacidade de controlo da experiência e precisão na recolha de dados.	
	• Incapacidade de simular os efeitos de uma área de trânsito de navios mercantes e de recreio na capacidade de deteção de uma ameaça terrorista.	• Custos mais elevados de realização, devido à inexistência de instalações logísticas de alimentação ou sanitárias institucionais; • Reduzida exequibilidade da experiência, face à posição pouco resguardada do cais, a embarcações externas e correntes na área (superiores a 0,5 nós); • Necessidade de mobilização de capacidades logísticas da Marinha para sustentação e apoio dos elementos no cais; • Reduzida capacidade de controlo da experiência e precisão na recolha de dados.

Tabela 4-1 Base Naval de Lisboa vs Portinho da Costa

Com base nos dados apresentados na Tabela 4-1, considera-se a Base Naval de Lisboa, como o local mais viável para a realização de uma experiência real para sensores eletro-óticos no âmbito do projeto SAFEPOR.

4.4 Recomendações e Trabalho Futuro

O trabalho realizado nesta dissertação tem aplicação no domínio operacional da Marinha e no domínio académico, em particular na área da Investigação e Desenvolvimento (I&D). No domínio operacional o presente trabalho apresenta um conjunto de recomendações a serem consideradas pelas entidades competentes na Marinha. No plano académico são sugeridos temas para investigação futura.

4.4.1 Recomendações

No domínio operacional, os resultados deste trabalho podem ser diretamente adaptados para elaborar todos os documentos necessários para coordenar, registar e conduzir as experiências de campo com vista à recolha de dados pretendida. Até ao momento não há registo de uma experiência desta natureza realizada e coordenada pelo Marinha Portuguesa, constituindo o “*Real Exercise*” como uma oportunidade para a Marinha ganhar experiência e elaborar doutrina na área da Avaliação Operacional. Neste sentido, recomenda-se as seguintes linhas de ação:

- Propor a criação de um grupo de trabalho (GT) para avaliar a utilização a Avaliação Operacional na Marinha Portuguesa e propor doutrina que enquadra o uso desta metodologia na avaliação de equipamentos.
- Propor ao GT-DATPOW que seja considerado como alternativa ao local da realização das experiências de campo, a Base Naval de Lisboa. Do estudo efetuado, a BNL apresenta um conjunto de argumentos que garantem o controlo da experiência face ao Cais do Portinho da Costa.

4.4.2 Trabalho futuro

No plano académico sugere-se que sejam prosseguidos as seguintes linhas de investigação:

- Construir simulador de tipo *time-step*²² que implemente simultaneamente os modelos de deteção provenientes da Teoria de Busca e os modelos provenientes da modelação de performance de sensores. Para cada tipo de modelo de deteção, curva de distância lateral ou função de probabilidade de transferência de alvo, seria necessário definir para cada instante da simulação como é determinado o evento “ocorrência de deteção” em função dos parâmetros gerais de simulação (distância entre sensor e alvo, condições ambientais, etc). Através desta implementação, poderão ser obtidas medidas de eficácia que ajudem a esclarecer

²² O tempo real (horário) que separa duas iterações é designado por “*time step*” e representa o avanço de tempo desde a última actualização das variáveis do sistema.

qual dos modelos poderá ser mais eficiente para implementar num sistema de apoio à decisão.

- Estudar a possibilidade de estimar a Função de Probabilidade de Transferência de Alvo por forma a incorporar uma dinâmica entre sensor e alvo, à semelhança do que sucede com a construção da Curva de Distância Lateral.
- Elaborar um caderno de provas para a avaliação de sonares num cenário de defesa portuária.

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- Arnold, R. D., J. Bram, (1962), Estimating the Lateral range curve from observed detection ranges, IRM.27, *Center for Analysis*, Washington, DC.
- Couger, J. D., e Knapp, R. W. (1974), *Systems Analysis Techniques*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- De Groot, M. H., (1970), *Optimal Statistical decisions*, McGraw-Hill Book Company.
- Dennis, J. E. Jr., (1977), *Nonlinear Least-Squares" State of the Art in Numerical Analysis*, ed. D. Jacobs, Academic Press, 269-312.
- Dillon, R., R. Liebe, T. Bestafka (2009), Risk-based decision-making for terrorism applications. *Risk Analysis*, 29(3), 321–335.
- Edwards, N. C. (1980), *Evaluation of National SAR Manual Probability of Detection Curves*, CG-D-41-80.
- Edwards, N. C. (1982), *Factors Affecting Coast Guard SAR Unit Visual Detection Performance*, CG-D-09-82.
- Estado-Maior da Armada (2004), *EMA 333 - Manual de avaliação operacional da Marinha do Brasil*, Comando da Marinha do Brasil.
- Fitzgerald, R. (1995), *Target Detection Experiment – Phase I: Experiment Planning*, Report prepared for the Transportation Development Centre, #TP 12441E, Canada.
- Fitzgerald, R. (1998), *Target Detection Experiment – Phase III: Data Analysis*, #TP 13290E, OCEANS Ltd, Canada.
- Fitzgerald, R. e Ryan, J. (1990), *Joint Search and Rescue Trials: Canadian Coast Guard and US Coast Guard Target Experiment- Canso Bank, 1990*; #TP 11654E, Transportation Development Centre, Canada.
- Fitzgerald, R.B. e J. P. Ryan (1993), *Joint Search and Rescue Trials, Canadian Coast Guard and United States Coast Guard Target Detection Experiment – Canso Bank, 1990*, Final Report. Transport Canada Report, #TP 11654e.

- Frost, J. (2001), *Comparing SARPlan with Manual Methods and Actual Cases*, R&D Defence Canada - Valcartier, Contract Report Number W7701-001992.
- Frost, J. and Stone, L. (2001), *Review of Search Theory: Advances and Applications to Search and Rescue Decision Support*, U.S. Coast Guard Research and Development Center, Contract Report Number CG-D-15-01.
- F. Dell, J. N. Eagle, G. H. A. Martins and A. G. Santos, (1996), Using multiple searches in constrained –path, moving-target search problems, *Naval Research Logistics*, vol. 43, 463-480. Third Edition, Naval Institute Press.
- Giadrosich, Donald L., (1995), *Operations Research Analysis in Test and Evaluation*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Washington, DC.
- IAMSAR. (2003). IAMSAR Manual, Vol. 2. International Civil Aviation Organization.
- National Search and Rescue Manual, (1991), Joint Chiefs of Staff & U.S. Coast Guard, Vol. 1&2, Joint Pub 3-50, COMDNTINST M16120.5A/6A.
- Jones, J. V., (1988), *Engineering Design, Reliability, Maintainability, and Testability*. Blue Ridge Summit, Pennsylvania: Tab Books, Inc.
- J. Eagle, (1984), The optimal search for a moving target when the search path is constrained, *Operations Research*, vol. 32, no 5, 1107-1115.
- J. Eagle and J. Yee, (1990), An optimal branch-and-bound procedure for the constrained path, moving target search problem, *Naval Research Logistics*, vol 38, no 1, 110-114.
- Holst, Gerald C., (2000), *Electro-Optical Imaging System Performance*, 2^a Edition, JCD Publishing, Winter Park FL, SPIE Press, Bellingham, WA.
- Howe, J. D., (1993), *Electro-Optical Imaging System Performance Prediction*, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI and SPIE Press, Bellingham, WA.
- Kahn, H., e Mann, I., (1957), *Techniques of Systems Analysis*. The RAND Corporation, RM-1829-1.
- Koopman, B.O. (1956a), The theory of Search, I. Kinematics Bases, *Operations Research*, 4, 324-346.

- Koopman, B.O. (1956b), The theory of Search, II. Target Detection, *Operations Research*, 4, 503-531.
- Koopman, B.O. (1957), The theory of Search, III. The Optimum Distribution of Searching Effort, *Operations Research*, 5, 613-626.
- Koopman, B.O. (1980), *Search and Screening General Principles with Historical Applications*, ISBN 0-08-023136, Pergamon Press.
- Lida, K. (1993), Inverse Nth Power detection law for Washburn's lateral range curve, *J. Oper. Res. Soc. Japan* 36 90-101.
- Lossner, U and I. Wegener, (1982), Discrete Sequential search with positive Switch Cost. *Math. Oper. Res.* 7, 426-440.
- Martins, M., R.P. Casimiro, S. Gonçalves, J. Calado, M. Manso, J. Lopes, A. Rodrigues, M.E. Captivo, J.C. Freitas, M.A. Abreu, G. Gonçalves, J. Sousa, M. Bezzeghoud, R. Salgado, (2010), The SAFE-PORT Project: An approach to port surveillance and protection. In *Proceedings of WSS 2010 – 2nd International Conference on Waterside Security*, Marina di Carrara (Italy).
- Minka, T. P. (2003), *A comparison of numerical optimizers for logistic regression*, Submitted Paper, October.
- More, J. J., B. S. Garbow, and K. E. Hillstom, (1980), *User Guide for MINPACK 1*, Argonne National Laboratory, Rept. ANL-80-74.
- Morse, P. M. (1977), *In at the Beginnings: A Physicist's Life*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Moser, P. M., (1972), "Mathematical Model of FLIR Performance", Technical Memorandum NADC-20203:PPM, Naval Air Development Center, Warminster, PA.
- National SAR Manual (1996), #TP5421, Canada.
- Powell, M. J. D., (1970), *A Fortran Subroutine for Solving Systems of Nonlinear Algebraic Equations*, Numerical Methods for Nonlinear Algebraic Equations, P. Rabinowitz, ed., Ch.7.
- Quade, E. S. (ed.), (1964), *Analysis for Military Decisions*. The RAND Corporation.

- Richardson, W. H. (1968), *Empirical Sweep Width Analysis (air to surface)*, Scripps Institute of Oceanography, SIO Ref 68-30.
- Rudwick, B. H., (1963), *Systems Analysis for Effective Planning: Principles and Cases*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Sonia Waharte, Andrew Symington and Niki trigoni, (2012), Probabilistic Search with Agile UAV. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2840-2845.
- Soza and Company, Ltd. (1996), *The Theory of Search - A Simplified Explanation*, The Office of Search and Rescue, U.S. Coast Guard.
- Stanley J. Benkoski, Michael G. Monticino and James R. Weisigner. (1991), A survey of the Search Theory Literature. *Naval Research Logistics*, 38(4):469-494.
- Stone, Lawrence D. (1975), *Theory of Optimal Search*. New York: Academic Press.
- Stone, Lawrence D. (1989), *Theory of Optimal Search*. 2nd Edition. Baltimore: Operations Research Society of America.
- S. Brown, (1980), Optimal Search for a moving target in discrete time and space, *Operations Research*, vol 28, no 6, 1275-1289.
- Teixeira, L.S., Rodrigues, A.J.R (2012), Avaliação de riscos na protecção de portos. *Jornadas do Mar*, Lisboa, Portugal.
- T. Stewart, (1979), Search for a moving target when the searcher motion is restricted, *Computers and Operations Research*, vol. 6, 129-140.
- Wagner, D. H., Mylander W. C., Sanders, T.J. (1999), *Naval Operations Analysis*, Third Edition, Naval Institute Press.
- Washburn, A. R. (1980), *On a Search for a Moving Target*. *Naval Research Logistics*, Quarter 27, 315-321.
- Washburn A. (1998), Branch and bound methods for a search problem, *Naval Research Logistics*, vol. 45, 243-257.
- West, D., (2012), Implementing Integrated Test and Evaluation Practices, *28th annual national test & evaluation conference & displays*, South Carolina, USA.
- William L. Black. (1965), *Discrete Sequential Search*. *Information and Control*, 8(2):159-162.

Anexo A



Caderno de Provas para Avaliação de Sensores Eletro-óticos em Ambiente de Defesa Portuária

Filipe Miguel Torres Côrte-Real

PLANO DE AVALIAÇÃO DE SENSORES ELECTRO-ÓPTICOS

2013

Índice

1	PROPÓSITO DO PLANO	127
1.1	CONCEITO E PROPÓSITO DO PA	127
1.2	ABRAGÊNCIA DO PA	127
2	ANÁLISE DAS TAREFAS, AMEAÇAS E CENÁRIOS	128
2.1	DESCRIÇÃO DAS TAREFAS	128
2.1.1	AN\PVS-14.....	128
2.1.2	F5050.....	128
2.1.3	SOPHIE-R	128
2.2	DESCRIÇÃO DAS AMEAÇAS	128
2.3	DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS	128
2.3.1	CENÁRIO FÍSICO	128
2.4	DEFINIÇÃO E ANÁLISE DAS TAC	128
2.4.1	MERGULHADORES	128
3	DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	129
3.1.1	AN\PVS-14.....	129
3.1.2	F5050.....	130
3.1.3	SOPHIE-R	130
4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E AMBIENTAIS CRÍTICAS	131
4.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	131
4.2	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS	131
5	ASPETOS OPERACIONAIS CRÍTICOS	131
5.1	ASPETOS DE EFICÁCIA OPERACIONAL	131
5.2	ASPETOS DE ADEQUABILIDADE OPERACIONAL.....	132
5.3	OBJECTIVOS DO TESTE.....	132
5.4	DIAGRAMA DE DECOMPOSIÇÃO FUNCIONAL	132
5.5	CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO	133

5.6	ELEMENTOS ESSENCIAIS DE ANÁLISE.....	135
6	TESTES DE AVALIAÇÃO.....	135
6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	135
6.1.1	LIMITAÇÕES DO DESÍGNIO DOS TESTES	135
6.1.2	PERIODO DOS TESTES.....	135
6.1.3	PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS	135
6.2	TESTES	136
6.2.1	LISTA DE TESTES	136
6.2.2	ESPECIFICAÇÃO PRELIMINAR DOS TESTES.....	136
7	ESTIMATIVA DE CUSTOS	136
8	RESULTADOS ESPERADOS	136
9	REFERÊNCIAS	136
10	ANEXOS	137

1 PROPÓSITO DO PLANO

1.1 CONCEITO E PROPÓSITO DO PA

O processo de Avaliação Operacional (AO), prevê a edição de um Plano de Avaliação (PA), o primeiro documento eminentemente técnico produzido ao longo da AO, e onde são apresentados e consolidados os estudos sobre o sistema em análise.

Este PA, elaborado de acordo com o modelo apresentado, tem como finalidade orientar a AO dos sensores eletro-óticos AN\PVS-14, F5050 e SOPHIE-R, considerando os aspetos de Tarefa, Ameaça e Cenário (TAC).

O plano sintetiza, em documento único, o resultado do estudo das tarefas de emprego dos sensores, a análise das suas funções, bem como a definição dos aspetos críticos, por forma a determinar quais os dados necessários recolher na realização de uma experiência real.

1.2 ABRAGÊNCIA DO PA

A AO dos sensores Eletro-óticos tem como finalidade avaliar a capacidade efectiva de detecção de um mergulhador hostil e evasivo à detecção, num cenário de defesa portuária, a través de vigias, em pontos fixos ou plataformas móveis (Botes), com recurso aos sensores em avaliação.

Para a elaboração deste PA foi realizado um levantamento técnico dos sensores, por forma a adaptá-los à finalidade pretendida dos sistemas e sua aplicação no projecto SAFEPORT. É importante referir que a AO dos sensores eletro-óticos, fundamentada num PA estruturado a partir de um conjunto de TAC assumidas e os Aspetos Operacionais tidos como críticos, deverá fornecer uma base para o planeamento de uma experiência real, que permita a recolha de dados pertinentes para inclusão no simulador do projecto SAFEPORT.

2 ANÁLISE DAS TAREFAS, AMEAÇAS E CENÁRIOS

2.1 DESCRIÇÃO DAS TAREFAS

2.1.1 AN\PVS-14

- a. Ampliar a capacidade de detecção da presença de ameaças dissimuladas no meio envolvente, durante o arco nocturno, no âmbito da defesa portuária;

2.1.2 F5050

- a. Ampliar a capacidade de detecção da presença de ameaças dissimuladas no meio envolvente, durante o arco nocturno, no âmbito da defesa portuária;

2.1.3 SOPHIE-R

- a. Ampliar a capacidade de detecção da presença de ameaças dissimuladas no meio envolvente, durante o arco diurno e nocturno, no âmbito da defesa portuária;

2.2 DESCRIÇÃO DAS AMEAÇAS

- a. Mergulhadores.

2.3 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS

2.3.1 CENÁRIO FÍSICO

- a. O emprego dos sensores está previsto para aplicação no âmbito de qualquer porto ou cais NATO, independentemente das variáveis geográficas específicas a cada estado membro.

2.4 DEFINIÇÃO E ANÁLISE DAS TAC

2.4.1 MERGULHADORES

2.4.1.1 Caracterização

- a. Elemento pertencente a célula terrorista a operar num país detentor de porto ou cais NATO;

- b. Capacidade de mergulho adquirida no próprio país, junto de empresas civis, à semelhança do sucedido nos ataques de 11 de Setembro de 2001 nos Estados Unidos da América;
- c. Material de mergulho de natureza civil.

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

3.1.1 AN\PVS-14

Características técnicas:

On-Axis Resolution (minimum) at optimum light level	
F6015P	1.3 cycles/milliradian
F6015C and F6015J	1.2 cycles/milliradian
System Magnification	1 X ± 0.03
System Distortion	Less than 3%
Range Focus	25 cm to infinity
Diopter Focus	+2 to -6 diopters
Exit Pupil and Eye Relief	14 mm on-axis exit pupil at 25-mm eye relief
Field of View	40 $\pm 2^\circ$
System Brightness Gain	Adjustable from 25 to more than 3,000
Operating Temperature	-51°C to +49°C
Storage Temperature	-51°C to +85°C
Weight of Monocular with eyecup, lens cap, neck cord and battery	355 grams

3.1.2 F5050

Características Técnicas:

Field of View	40°, +1°/-2°
Magnification	Unity
Resolution	1.3 cy/mr, minimum
Brightness Gain	6,000 fL/fL, minimum
Collimation	≤1.0° convergence ≤0.3° divergence/dipvergence
Diopter Adjustment	+2 to -6 diopters
Interpupillary Adjustment	52 to 72 mm – individual knobs
Fore-and-Aft Adjustment	25 mm range
Tilt Adjustment	10°, minimum
Objective Lens EFL	27 mm F/1.23, T/1.35
Eyepiece Lens EFL	27 mm
Exit Pupil/Eye Relief	On axis: 14 mm @ 25-mm distance Full field: 6 mm @ 25-mm distance
Focus Range	41 cm (16 in.) to infinity
Flip-Up/Flip-Down	Button release for up and down motion
Battery Type	One 1.5 Vdc AA-size alkaline internal or Two 1.5 Vdc AA-size alkaline external battery pack
Weight of Binocular	650 grams
Operating Temperature Range	-32°C to +52°C

3.1.3 SOPHIE-R

Características Técnicas:

-	Dimensões sem baterias: P x C x A (cm) 31 x 25 x 11
-	Peso sem baterias 2,45 Kg
-	Alcance nominal de reconhecimento (tanque NATO): 2.400 m com o Campo de Visão Estreito (NFOV – “Narrow Field of View”).
-	Largura de banda espectral : 7,5 µm – 10,5 µm.
-	Campos de visão (horizontal, vertical) no modo máquina fotográfica térmica:
-	Amplo (WFOV) : 8° x 6°
-	Estreito (NFOV) : 4° x 3°
-	Ampliação Electrónica : 2° x 1,5°
-	Vídeo :
-	Sistema L UIT-R 624-4 , TV padrão de 625 linhas
-	Impedância de saída para o aparelho de TV: 75 Ω
-	Alimentação eléctrica nominal : 15 V DC
-	Intervalo da temperatura de funcionamento : de – 31 °C a + 51 °C
-	Intervalo da temperatura de armazenamento : de – 33 °C a + 71 °C
-	Tempo de arrefecimento do sensor (a 20°C ± 5°C) : ≤ 6 min 10 s
-	Duração típica com uma bateria recarregável de Li-lão (75% no modo de potência baixa, 25 % no funcionamento contínuo) : ≥ 4 h a 25 °C,
-	Um saco dessecante mantém um ambiente seco no interior do gerador de imagens.

4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E AMBIENTAIS CRÍTICAS

4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- a. Invalidez, por parte dos sensores AN\PVS-14 e F5050, em operar durante o arco diurno.

4.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

- a. Temperaturas de água próximas da temperatura corporal normal de um ser humano limitam seriamente a capacidade de detecção com a câmara de imagem térmica SOPHIE-R.

5 ASPETOS OPERACIONAIS CRÍTICOS

Uma vez conhecidas as funções, finalidade e operação dos sensores eletro-óticos, será feita a análise dos aspetos que influenciam a Eficácia Operacional dos sensores, definida como a capacidade de o sistema efectivamente cumprir as funções pretendidas, considerando-se os conjuntos das TAC especificadas.

Os Aspetos Operacionais Críticos são compostos pelos Aspetos de Eficácia Operacional e os Aspetos de Adequabilidade Operacional.

5.1 ASPETOS DE EFICÁCIA OPERACIONAL

Os Aspetos Operacionais considerados para esta AO são:

- a. Alcance do Sensor;
- b. Capacidade de Detecção.

5.2 ASPETOS DE ADEQUABILIDADE OPERACIONAL

A Adequabilidade Operacional, que compreende a confiabilidade, sustentação e disponibilidade de um sistema, foge ao escopo desta AO, pelo que não será analisada.

5.3 OBJECTIVOS DO TESTE

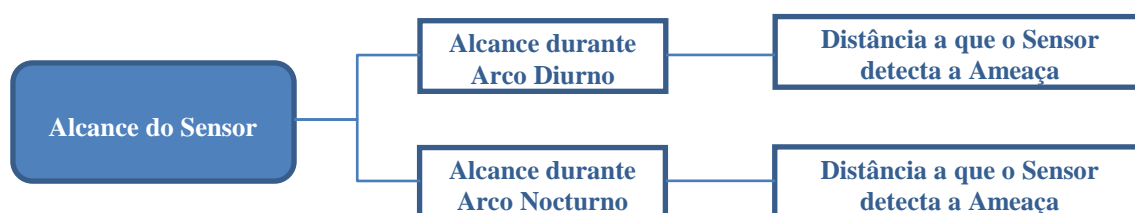
Os objectivos de um teste ou experiência real, correspondentes aos aspetos de eficácia operacional, são referidos a seguir.

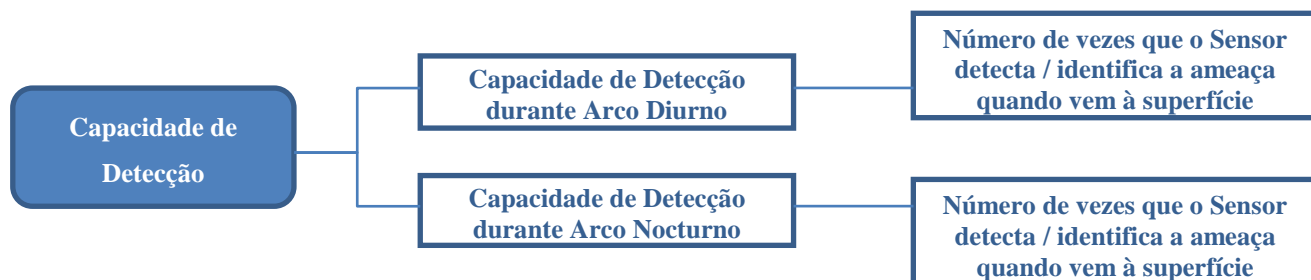
ASPETOS DE EFICÁCIA OPERACIONAL	OBJECTIVOS DO TESTE
Alcance do Sensor	Determinar a distância eficaz máxima de operação do sensor.
Capacidade de Detecção	Determinar a capacidade efectiva do sensor detectar ou identificar um mergulhador, isto é, distinguir, com precisão, o mergulhador do meio envolvente.

Tabela 5-1 Objectivos do Teste

5.4 DIAGRAMA DE DECOMPOSIÇÃO FUNCIONAL

A técnica empregada durante a avaliação dos aspetos críticos prevê que cada aspecto deve ser subdividido num conjunto de perguntas mais detalhadas que, por sua vez, devem ser novamente subdivididas e assim por diante, até que em determinado nível as perguntas formuladas sejam suficientemente simples para serem respondidas por um teste específico. Essa técnica será empregada neste Plano de Avaliação e constitui o que se conhece como Elementos Essenciais de Análise (EEA). A escolha dos EEA determinará os dados a serem colhidos nos vários testes. O processo de decomposição funcional dos AOC é mostrado a seguir.





5.5 CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO

Os critérios para a avaliação, são a categorização das variáveis que se pretendem considerar na avaliação, por forma a possibilitar a sua posterior análise. As variáveis a considerar na avaliação dos sensores eletro-óticos provêm de fontes distintas, as variáveis de relação ambiental, que estão associadas às condições METOC passíveis de influenciar o desempenho do sensor, e as variáveis de relação operacional, as quais estão associadas ao tipo de dados operacionais que se pretendem COLETAR.

Assim, as variáveis e critérios a considerar para a avaliação dos sensores eletro-óticos são:

- a. **GDH** – Grupo Data Hora;
- b. **Distância** – Distância Visual em metros (m);
- c. **Azimute** – Azimute magnético em graus (°);
- d. **Precipitação** – Existem 5 intensidades possíveis:
 - Inexistente;
 - Chuva Leve - Menor que 2,5mm/h;
 - Chuva Moderada - Entre 2,5mm/h e 10mm/h;
 - Chuva Pesada - Superior a 10mm/h e menor que 50mm/h;
 - Chuva Violenta – Superior a 50mm/h.
- e. **Visibilidade (Nevoeiro)** – Existem 9 estados possíveis:
 - Nevoeiro Denso – Entre 0 a 50m;
 - Nevoeiro Grosso – Superior a 50m e inferior a 200m;
 - Nevoeiro Moderado – Superior a 200m e inferior a 500m;

- Nevoeiro Leve - Superior a 500m e inferior a 1000m;
 - Nevoeiro Fino - Superior a 1000m e inferior a 2000m;
 - Neblina - Superior a 2000m e inferior a 4000m;
 - Neblina Fina - Superior a 4000m e inferior a 10000m;
 - Limpo - Superior a 10000m e inferior a 20000m;
 - Muito Limpo - Superior a 20000m e até 50000.
- f. Velocidade do Vento** – Conforme Anexo A - Escala de Beaufort;
- g. Nebulosidade (Céu)** - Existem 6 estados possíveis:
- Céu Limpo ou Ensolarado – Nenhum vestígio de nuvens (nenhuma octa encoberta);
 - Céu Quase Limpo – Pelo menos um oitavo está encoberto;
 - Céu Pouco Nublado – Pelo menos dois oitavos encobertos;
 - Céu Parcialmente nublado – Pelo menos quatro oitavos (aproximadamente metade do céu) encobertos pelas nuvens;
 - Céu Quase Nublado – No mínimo seis oitavos encobertos;
 - Céu Nublado – Os oito oitavos estão totalmente encobertos pelas nuvens.
- h. Altura Significativa da Ondulação** – Altura da Ondulação em metros (m);
- i. Espuma Branca** – Existem 3 níveis possíveis:
- 0 - Inexistente;
 - 1 - Existente, mas pouco acentuada;
 - 2 – Existente e acentuada.
- j. Humidade Relativa** – Humidade Relativa no ar, expressa em percentagem (%);
- k. Temperatura Atmosférica** – Temperatura Atmosférica em graus centígrados (°C);
- l. Temperatura da Água** – Temperatura da Água em graus centígrados (°C);
- m. Elevação da Lua** – Elevação da Lua em graus de ângulo (°);
- n. Fase da Lua** – Existem 4 fases possíveis:
- Quarto Minguante;
 - Lua Nova;
 - Quarto Crescente;
 - Lua Cheia.
- o. Iluminação da Lua** – Iluminação da Lua expressa em percentagem (%).

5.6 ELEMENTOS ESSENCIAIS DE ANÁLISE

De acordo com a decomposição funcional dos aspetos críticos, os Elementos Essenciais de Análise são:

- a. Distância a que o sensor detecta a ameaça;
- b. Número de vezes que o sensor detecta / identifica a ameaça quando vem à superfície.

6 TESTES DE AVALIAÇÃO

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

6.1.1 LIMITAÇÕES DO DESÍGNIO DOS TESTES

- a. Os testes deverão ser conduzidos num ambiente tão controlado quanto possível;
- b. Tem de existir independência entre informação conhecida pelas ameaças e pelos observadores;
- c. Incapacidade de seguimento contínuo de um mergulhador;
- d. Capacidade limitada de controlo de itinerário de um mergulhador;
- e. Necessidade de grupos de segurança do exercício e de segurança de mergulhadores.

6.1.2 PERIODO DOS TESTES

Os testes deverão comportar períodos nunca inferiores a 24h, por forma a abranger ambos os arcos, diurno e nocturno, bem como permitir liberdade de planeamento.

6.1.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

- a. Para a COLETA de dados, deverão ser elaborados modelos de COLETA de dados específicos para cada teste, a ser preenchidos pelos diversos observadores e supervisores existentes;
- b. Os dados de carácter ambiental (ex. Condições METOC), deverão ser COLETADOS em esquema periódico e/ou sempre que os dados se alterem significativamente.

6.2 TESTES

6.2.1 LISTA DE TESTES

- Experiência Real de Sensores Eletro-óticos na Base Naval de Lisboa (BNL).

6.2.2 ESPECIFICAÇÃO PRELIMINAR DOS TESTES

6.2.2.1 *Experiência Real de Sensores Eletro-óticos na Base Naval de Lisboa*

Experiência real com período de 48h de execução, realizada na Base Naval de Lisboa (BNL). A experiência consiste numa série de ataques promovidos por mergulhadores hostis, os quais possuem um ponto pré-determinado de lançamento, a um determinado objectivo, com recurso a múltiplos itinerários pré-definidos. Um grupo de observadores tem a função de, com recurso aos sensores eletro-óticos em avaliação, detectar as ameaças, sempre que estas se exponham à superfície.

7 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Não aplicável, uma vez a organização logística se encontrar na dependência da Marinha Portuguesa.

8 RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados são um pacote de dados estatísticos, válidos e independentes, obtido através da avaliação e testes dos sensores, que permita, através da metodologia de regressão logística, a construção de curvas laterais de distância e funções de probabilidade de transferência de alvo, associadas a cada sensor, e a sua modelação, em plataforma fixa ou móvel (Bote), por forma a integrar e contribuir positivamente com o projecto do simulador SAFEPORT.

9 REFERÊNCIAS

NIL

10 ANEXOS

NIL

Anexo B



Caderno de Provas para Avaliação de Sensores Eletro-óticos em Ambiente de Defesa Portuária

Filipe Miguel Torres Côrte-Real

PLANO DE TESTE DE SENSORES ELECTRO-ÓPTICOS

2013

Índice

1	PROPÓSITO	143
2	PRÉ-REQUISITOS	143
3	DURAÇÃO ESTIMADA / FITA DE TEMPO	144
4	VARIÁVEIS DE TESTE	144
4.1	DEPENDENTES	144
4.2	INDEPENDENTES	145
4.2.1	Controladas	145
4.2.2	Não-controladas	145
5	RECURSOS NECESSÁRIOS	145
5.1	MATERIAIS	145
5.1.1	Distribuição por Grupos	145
5.1.2	Diversos	148
5.2	HUMANOS	148
5.2.1	Organização Operacional	148
6	AMBIENTE DE OPERAÇÃO	152
7	CONDIÇÕES INICIAIS	153
7.1	ELEMENTO / FUNÇÃO / POSIÇÃO:	153
7.2	Trajectórias da Ameaça	157
8	SEGURANÇA	158
9	PROCEDIMENTOS	159
9.1	Ciclo de Detecção	159
9.2	Tarefas às Subunidades	159
9.2.1	Oficial Director de Teste	159
9.2.2	Observadores	160
9.2.3	Anotadores	160
9.2.4	Supervisores	161

9.2.5	Mergulhadores	161
9.2.6	Elementos de Segurança do Exercício.....	162
9.2.7	Elementos de Segurança de Mergulhadores	163
10	REFERÊNCIAS	163
11	ANEXOS	163
	ANEXO A – Modelo de COLETA de Dados 1 (MDC1)	165
	ANEXO B – Modelo de COLETA de Dados 2 (MDC2).....	166
	ANEXO C – Plano de Comunicações	167
	ANEXO D – Modelo de COLETA de Dados 3 (MCD3)	169
	ANEXO E – Modelo de COLETA de Dados 4 (MCD4).....	170
	ANEXO F – Relação de Posições de Bóias	171
	ANEXO G – Tabela de Registo de Pessoal.....	172
	ANEXO H – Cartão de Identificação	174

1 PROPÓSITO

Verificar a capacidade de detecção e identificação de um mergulhador hostil evasivo à detecção, num ambiente de defesa portuária, em pontos fixos e plataformas móveis (botes), com recurso a:

- Visor Nocturno AN/PVS-14;
- Visor Nocturno F5050;
- Câmara de Imagem Térmica SOPHIE-R.

O propósito deverá ser alcançado através da relação entre:

- Distâncias a que o mergulhador é detectado com recurso a um determinado sensor;
- O número de vezes que um determinado observador, com recurso a um sensor eletro-ótico, detecta / identifica um mergulhador, quando este vem à superfície.

2 PRÉ-REQUISITOS

- a. Adestramento dos observadores e restante pessoal envolvido na experiência real;
- b. Briefing relativo ao exercício (conhecer objectivos, instrução no uso das folhas de registo e equipamentos, e procedimentos a adoptar quando da realização da experiência), realizado de forma independente a todos os grupos envolvidos;
- c. Comunicações estabelecidas entre o Oficial Director de Teste (ODT), o grupo de Anotadores, o grupo de Observadores, o grupo de Segurança e o grupo de Mergulhadores;
- d. Todos os equipamentos e pessoal envolvido no exercício devem estar aptos a desempenhar as tarefas previstas;
- e. Os observadores do exercício não devem possuir comunicações entre si e devem estar espaçados ou encobertos o suficiente por forma a não visualizarem os resultados dos diversos elementos
- f. Percurso subaquático para guiamento das trajectórias A, B e C, para mergulhadores, estabelecido;
- g. Time-Check efectuado entre todos os participantes da experiência.

3 DURAÇÃO ESTIMADA / FITA DE TEMPO

A experiência real compreende um período de realização de 48h contínuo, por forma a abranger dados referentes aos arcos, nocturno e diurno, assim com à fadiga inerente a tarefas deste carácter. Visando uma aproximação da realidade e sensação de aleatoriedade dos períodos de ocorrência dos mergulhos, permitindo a independência dos dados obtidos, a fita de tempo dos eventos a ocorrerem durante as 48h, deverão ocorrer conforme a Tabela 3-1.

PERÍODO/HORA	GRUPO	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
0001H - 2400H	MERGULHADORES	M5(1) M6(2)	M1(3) M2(4)		M3(5)	M4(6)	M5(7) M6(8)		M1(9)	M2(10)	M3(11)		M4(12) M5(13) M6(14)	M1(15)		M2(16)	M3(17) M4(18)			M5(19)	M6(20) M1(21)			M2(22)	M3(23) M4(24)
	OBSERVADORES			TROCA OBS1	TROCA OBS2		TROCA OBS1		TROCA OBS2	TROCA OBS1			TROCA OBS1 TROCA OBS2			TROCA OBS1	TROCA OBS2		TROCA OBS 1		TROCA OBS2	TROCA OBS1			TROCA OBS1 TROCA OBS2
	SUPERVISORES			TROCA SUP				TROCA SUP				TROCA SUP			TROCA SUP			TROCA SUP				TROCA SUP			
	ANOTADORES			TROCA ANOT1	TROCA ANOT2		TROCA ANOT1		TROCA ANOT2	TROCA ANOT1			TROCA ANOT1 TROCA ANOT2			TROCA ANOT1	TROCA ANOT2		TROCA ANOT1		TROCA ANOT2	TROCA ANOT1			TROCA ANOT1 TROCA ANOT2
	SEGURANÇA EXER				TROCA SEGE				TROCA SEGE				TROCA SEGE				TROCA SEGE				TROCA SEGE				TROCA SEGE
	SEGURANÇA MERG			TROCA SEGM				TROCA SEGM				TROCA SEGM			TROCA SEGM			TROCA SEGM				TROCA SEGM			
	ODT	PODE EFECTUAR TROCA OU DELEGAR FUNÇÕES, SEMPRE QUE CONSIDERE CONVENIENTE																							

2401H-4800H	MERGULHADORES				M5(25) M6(26) M1(27)	M2(28)		M3(29)	M4(30)	M5(31)	M6(32)	M1(33)		M2(34) M3(35) M4(36)		M5(37)	M6(38)			M1(39) M2(40) M3(41)			M4(42) M5(43) M6(44)	M1(45)	M2(46) M3(47)	M4(48)
	OBSERVADORES			TROCA OBS2	TROCA OBS1		TROCA OBS2		TROCA OBS1	TROCA OBS2			TROCA OBS1 TROCA OBS2			TROCA OBS2	TROCA OBS1		TROCA OBS2		TROCA OBS1	TROCA OBS2				
	SUPERVISORES		TROCA SUP				TROCA SUP						TROCA SUP					TROCA SUP				TROCA SUP				
	ANOTADORES			TROCA ANOT2	TROCA ANOT1		TROCA ANOT2		TROCA ANOT1	TROCA ANOT2			TROCA ANOT1 TROCA ANOT2			TROCA ANOT1	TROCA ANOT2		TROCA ANOT2		TROCA ANOT1	TROCA ANOT2				
	SEGURANÇA EXER				TROCA SEGE				TROCA SEGE				TROCA SEGE				TROCA SEGE				TROCA SEGE					
	SEGURANÇA MERG		TROCA SEGM				TROCA SEGM						TROCA SEGM					TROCA SEGM				TROCA SEGM				
	ODT	PODE EFECTUAR TROCA OU DELEGAR FUNÇÕES, SEMPRE QUE CONSIDERE CONVENIENTE																								

*OBS1 - GRUPO COMPOSTO POR 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR AN-PVS 14, 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR F5050 E 1º E 2º OBSERVADOR C\SENSOR SOPHIE-R;

*ANOT1 - GRUPO DE ANOTADORES QUE ACOMPANHA OBS1;

*OBS2 - GRUPO COMPOSTO POR 3º OBSERVADOR C\SENSOR AN-PVS 14, 3º OBSERVADOR C\SENSOR F5050 E 3º OBSERVADOR C\SENSOR SOPHIE-R;

*ANOT2 - GRUPO DE ANOTADORES QUE ACOMPANHA OBS2;

Tabela 3-1 Fita de Tempo

4 VARIÁVEIS DE TESTE

4.1 DEPENDENTES

- Distância a que o sensor detecta a ameaça;

- b. Número de vezes que o sensor detecta / identifica a ameaça quando vem à superfície.

4.2 INDEPENDENTES

4.2.1 Controladas

- a. Tempo aproximado de exposição do mergulhador, na vinda à superfície $\approx 30s$;
- b. Distância a que os mergulhadores vêm à superfície;
- c. Trajectórias de mergulho.

4.2.2 Não-controladas

- a. Condições METOC, em conformidade com MCD1 (Anexo A).

5 RECURSOS NECESSÁRIOS

5.1 MATERIAIS

5.1.1 Distribuição por Grupos

5.1.1.1 Oficial Director do Teste

- a. 01 (um) Rádio GP380 C\Auricular;
- b. Baterias para 48h de operação de 01 (um) Rádio GP380;
- c. 01 (um) Telemóvel de Serviço C\Autonomia para 48h de operação.

5.1.1.2 Grupo de Defesa Portuária

- a. 03 (três) Sensores AN/PVS-14



Figura 5-1 AN/PVS-14

- b. 03 (três) Sensores F5050



Figura 5-2 F5050

- c. 03 (três) Sensores SOPHIE-R



Figura 5-3 SOPHIE-R

- d. 03 (três) Botes Zebro Tipo III C\Motor de fora de borda de 50hp;
e. 06 (seis) Jerricans de 25L de combustível;
f. Combustível para 48h de operação C\ 03 (três) Motores fora de borda de 50hp.

5.1.1.3 Grupo de Segurança do Exercício

- g. 02 (dois) Rádios GP380 C\Auricular;
h. Baterias para 48h de operação de 02 (dois) Rádios GP380;
i. 04 (quatro) Pistolas Walther P38;
j. 08 (oito) Carregadores de Pistola Walther P38, municiados C\08 munições 9mm Parabellum, cada;
k. 04 (quatro) coldres de transporte de Pistola tácticos;
l. 01 (um) Bote Zebro Tipo III C\Motor fora de borda de 50hp;
m. 02 (dois) Jerricans de 25L de combustível;

- n. Combustível para 48h de operação C\01 (um) Motor fora de borda de 50hp.
- o. 01 (uma) Pistola de Sinais 38mm;
- p. 10 (dez) granadas de iluminação de 38mm, cor branca;

5.1.1.4 Grupo de Segurança de Mergulhadores

- a. 01 (um) Rádio GP380 C\Auricular;
- b. Baterias para 48h de operação de 01 (um) Rádio GP380;
- c. 01 (um) Bote Zebro Tipo III C\Motor fora de borda de 50hp;
- d. 02 (dois) Jerricans de 25L de combustível;
- e. Combustível para 48h de operação C\01 (um) Motor fora de borda de 50hp.

5.1.1.5 Grupo de Anotadores (B)

- a. 09 (nove) Rádios GP380 C\Auricular;
- b. Baterias para 48h de operação de 09 (nove) Rádios GP380.

5.1.1.6 Grupo de Supervisão

- a. 04 (quatro) Rádios GP380 C\Auricular;
- b. Baterias para 48h de operação de 04 (quatro) Rádios GP380.

5.1.1.7 Grupo de Mergulhadores

- a. 06 (seis) equipamentos individuais de mergulho com ar;
- b. 06 (seis) máscaras EXO BR6;
- c. 06 (seis) Sistemas de comunicação por voz s/fio;
- d. 06 (seis) Bússolas;
- e. 06 (seis) Cronómetros de Registo;
- f. 06 (seis) Garrafas 7 m/3 Mistura respiratória 60/40;
- g. 06 (seis) Lanternas de Mergulho;
- h. 06 (seis) Binóculos de visão noturna;
- i. Pilhas para 48h de operação de 06 (seis) Lanternas de Mergulho e 06 (seis) Binóculos de visão noturna.



Figura 5-4 Mergulhadores da Marinha Portuguesa

5.1.2 Diversos

- a. 2100m de cabo de massa nylon 6mm;
- b. 18 (dezoito) bóias de patamar vermelhas;
- c. 21 (vinte e uma) bóias de patamar azuis;
- d. 18 (dezoito) bóias de patamar pretas (para vir à superfície em substituição de mergulhador);
- e. 39 (trinta e nove) lastros.

5.2 HUMANOS

5.2.1 Organização Operacional

A organização operacional será garantida por efectivos pertencentes à Marinha Portuguesa, assim:

- a. O cargo de ODT, deverá ser ocupado por oficiais da Marinha;
- b. O efectivo do Grupo de Ataque e Grupo de Segurança dos mergulhadores será garantido por militares pertencentes ao Destacamento de Mergulhadores Sapadores N°2 (DMS2);
- c. O efectivo dos restantes Grupos que integram a experiência, serão garantidos por militares pertencentes ao Comando do Corpo de Fuzileiros (CCF).

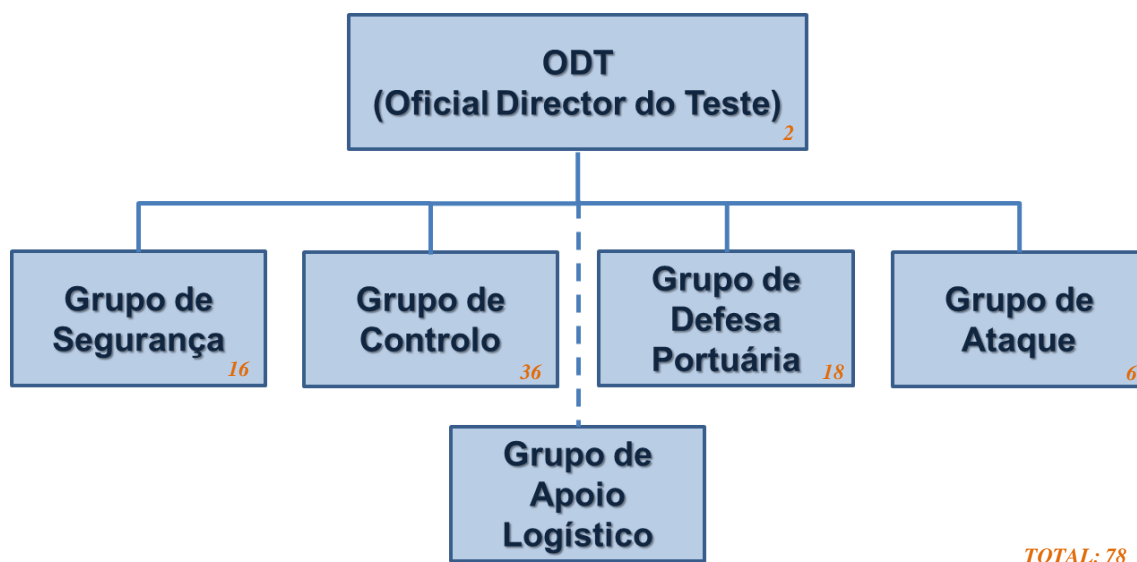


Figura 5-1 Organograma Operacional da Experiência Real

5.2.1.1 Oficial Director do Teste

O cargo de Oficial Director de Teste deve possuir 02 (dois) elementos disponíveis para o desempenho de funções, permitindo presença de um Oficial em permanência durante as 48h previstas para a experiência.

5.2.1.2 Grupo de Segurança

O grupo de segurança, em conformidade com a Figura 5-2, deverá ser composto por 02 (dois) subgrupos:

- a. **Grupo de Segurança do Exercício – 08 (oito) elementos;**
02 (dois) binómios em permanência, com rendição a cada 4h, conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo.
- b. **Grupo de Segurança de Mergulhadores – 08 (oito) elementos.**
04 (quatro) elementos em permanência, embarcados em Bote Zebro Tipo III, com rendição conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo.



Figura 5-2 Organograma do Grupo de Segurança

5.2.1.3 Grupo de Controlo

O grupo de controlo, em conformidade com a Figura 5-3, deverá ser composto por 02 (dois) subgrupos:

a. Grupo de Anotadores – 22 (vinte e dois) elementos;

1. Grupo A – 04 (quatro) elementos;

01 (um) binómio em permanência, com rendição a cada 4h, conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo.

2. Grupo B – 18 (dezoito) elementos.

01 (um) elemento a acompanhar cada observador (09 elementos) em permanência, com rendição conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo.

b. Grupo de Supervisão – 14 (doze) elementos

07 (sete) elementos em permanência, com rendição conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo.

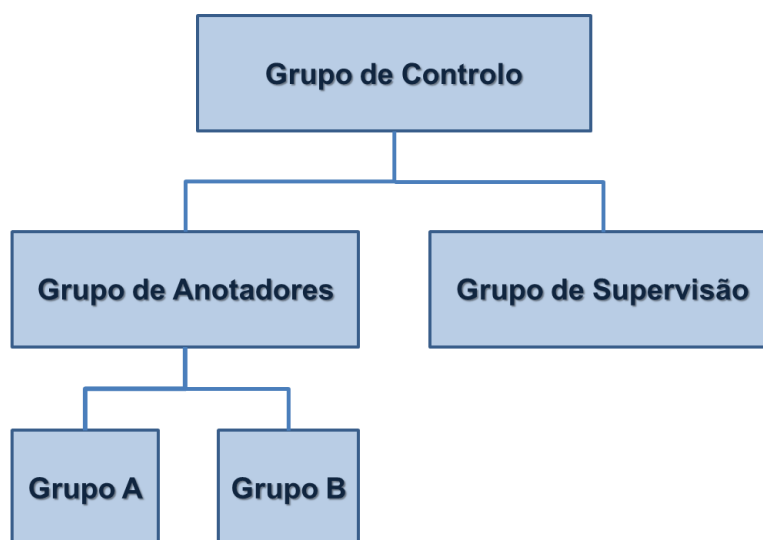


Figura 5-3 Organograma do Grupo de Controlo

5.2.1.4 Grupo de Apoio Logístico

O efectivo do grupo de apoio logístico não é comportado nas requisições da experiência, uma vez que, os efectivos e apoios necessários á sustentação de uma força durante 48h, é facultada directamente pela unidade responsável da Marinha portuguesa.

5.2.1.5 Grupo de Defesa Portuária

O grupo de defesa portuária, em conformidade com a Figura 5-4, deverá ser composto por 02 (dois) subgrupos de elementos:

a. Elementos Estacionários no Cais – 12 (doze) elementos;

06 (seis) elementos a operar em permanência 02 (dois) sensores AN/PVS-14, 02 (dois) sensores F5050 e 02 (dois) sensores SOPHIE-R, com rendição conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo.

b. Elementos Estacionários em Botes – 06 (seis) elementos.

03 (três) elementos a operar em permanência 01 (um) sensor AN/PVS-14, 01 (um) sensor F5050 e 01 (um) sensor SOPHIE-R, com rendição conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo

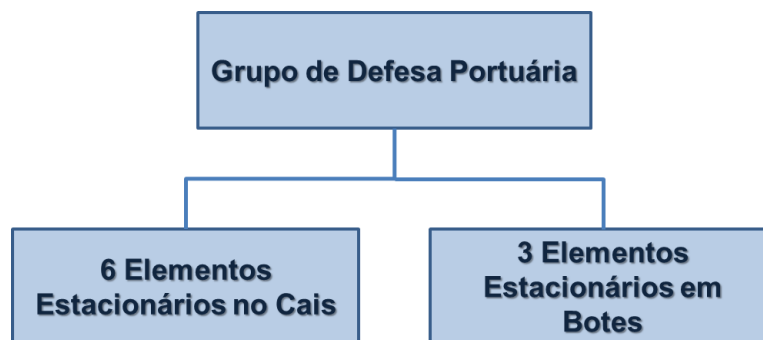


Figura 5-4 Organograma do Grupo de Defesa Portuária

5.2.1.6 Grupo de Ataque

O grupo de ataque, conforme Figura 5-5, deverá ser composto por 01 (um) grupo de mergulhadores, de 06 (seis) elementos, em que cada elemento opera em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de tempo.

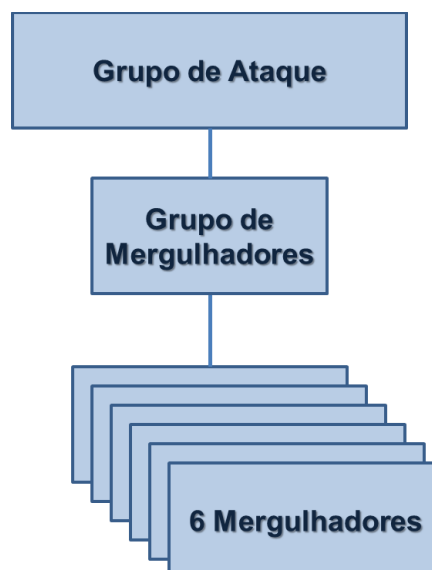


Figura 5-5 Organograma do Grupo de Ataque

6 AMBIENTE DE OPERAÇÃO

Devido a uma necessidade imperativa de a experiência real se realizar num ambiente de operação tão controlado, quanto possível, a experiência real, em conformidade com a Figura 6-1, irá realizar-se na Base Naval de Lisboa (BNL), no Alfeite. A área referida permite um controlo e registo efectivo de quaisquer factores externos que possam influenciar a realização e dados da experiência, estando contudo restrita a uma distância máxima possível de detecção de aproximadamente 650m. A disposição geral para a experiência consiste num ponto de lançamento / partida da ameaça (mergulhadores), sinalizado pelo círculo verde, e um objectivo a defender (Navio N.R.P Bérrio), onde se irão encontrar os observadores e sensores responsáveis pela sua defesa, sinalizado pelo círculo vermelho.



Figura 6-1 Zona de Cais da BNL

7 CONDIÇÕES INICIAIS

7.1 ELEMENTO / FUNÇÃO / POSIÇÃO:

a. Oficial Director do Teste (ODT):

1) Função:

- a) Conduzir Teste;
- b) Decidir e atuar perante qualquer incidente ou evento;
- c) Manter comunicações permanentes com o grupo de supervisão e mergulhadores.

2) Posição:

- a) Melhor local, ao seu critério, para controlar e conduzir o exercício.

b. Observadores estáticos (terra ou bote):

1) Função:

- a) Operar Sensores;
- b) Manter vigilância permanente sobre a água, fazendo usos dos métodos de varrimento pré-estabelecidos.

2) Posição:

- a) Pré-estabelecida pelo ODT, conforme Figura 7-1.

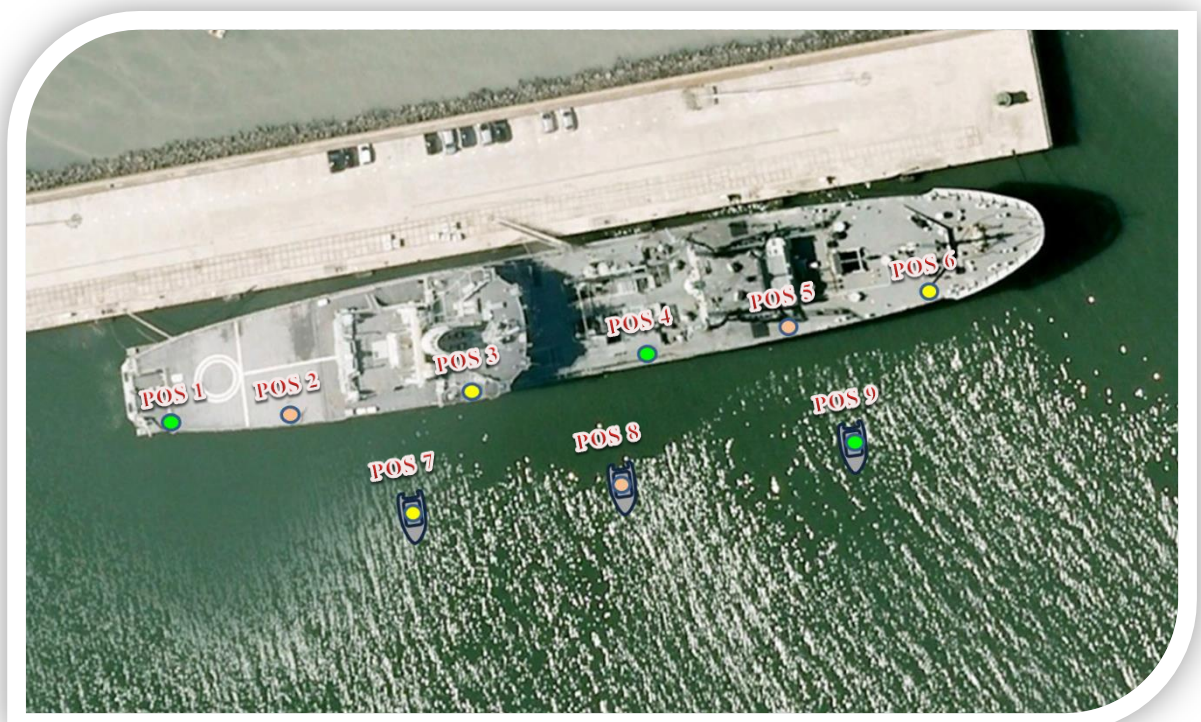


Figura 7-1 Disposição Observadores

c. Anotadores:

1) Função:

- a) Preencher MCD1 (Anexo A) e MCD2 (Anexo B);
- b) Manter comunicações permanentes com grupo de supervisão.

2) Posição:

- a) Pré-estabelecida pelo ODT, conforme Figura 7-1 (Binómio com observador estático).

d. Supervisores:

1) Função:

- a) Verificar se os observadores estão a detectar o alvo (mergulhador) em marcação e distância coerentes a esperadas para aproximação do mesmo;
- b) Preencher MCD3 (Anexo D) e MCD4 (Anexo E);
- c) Verificar e garantir independência da recolha de dados entre observadores;
- d) Manter comunicações permanentes e independentes com ODT e anotadores.

2) Posição:

- a) Pré-estabelecida pelo ODT, conforme Figura 7-2, contudo, passível de alterações sempre que o supervisor considere necessário para melhor controlo da acção.

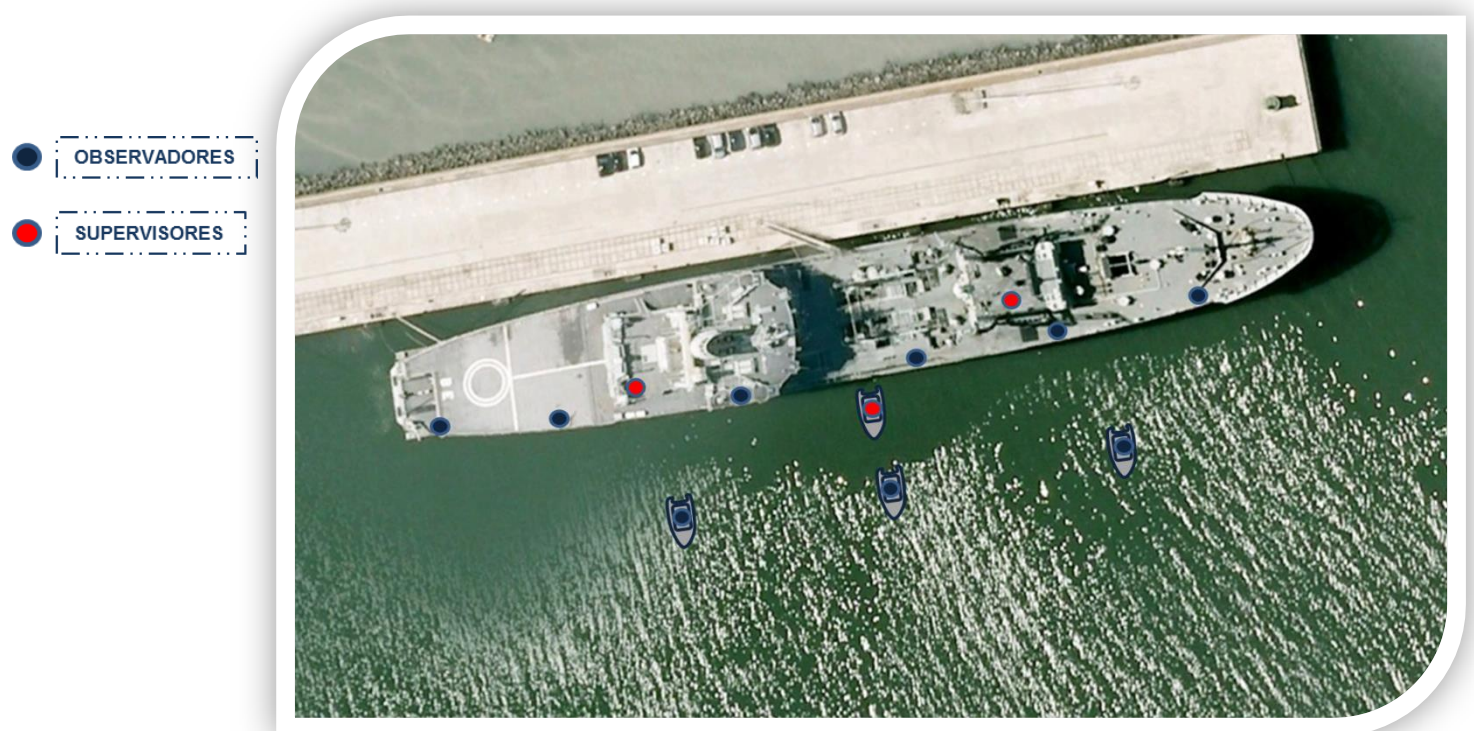


Figura 7-2 Disposição Supervisores

e. Mergulhadores (alvos):

1) Função:

- a) Efectuar mergulho, com ponto de partida, hora, itinerário e ponto de chegada (NRP Bérrio) pré-estabelecidos pelo ODT;
- b) Colocar mina lapa no costado do Navio e comunicar conclusão da acção ao grupo de supervisão.

2) Posição:

- a) Ponto de Partida - Pré-estabelecido pelo ODT, conforme Figura 7-3.
- b) Ponto de chegada – NRP Bérrio, conforme Figura 7-3.

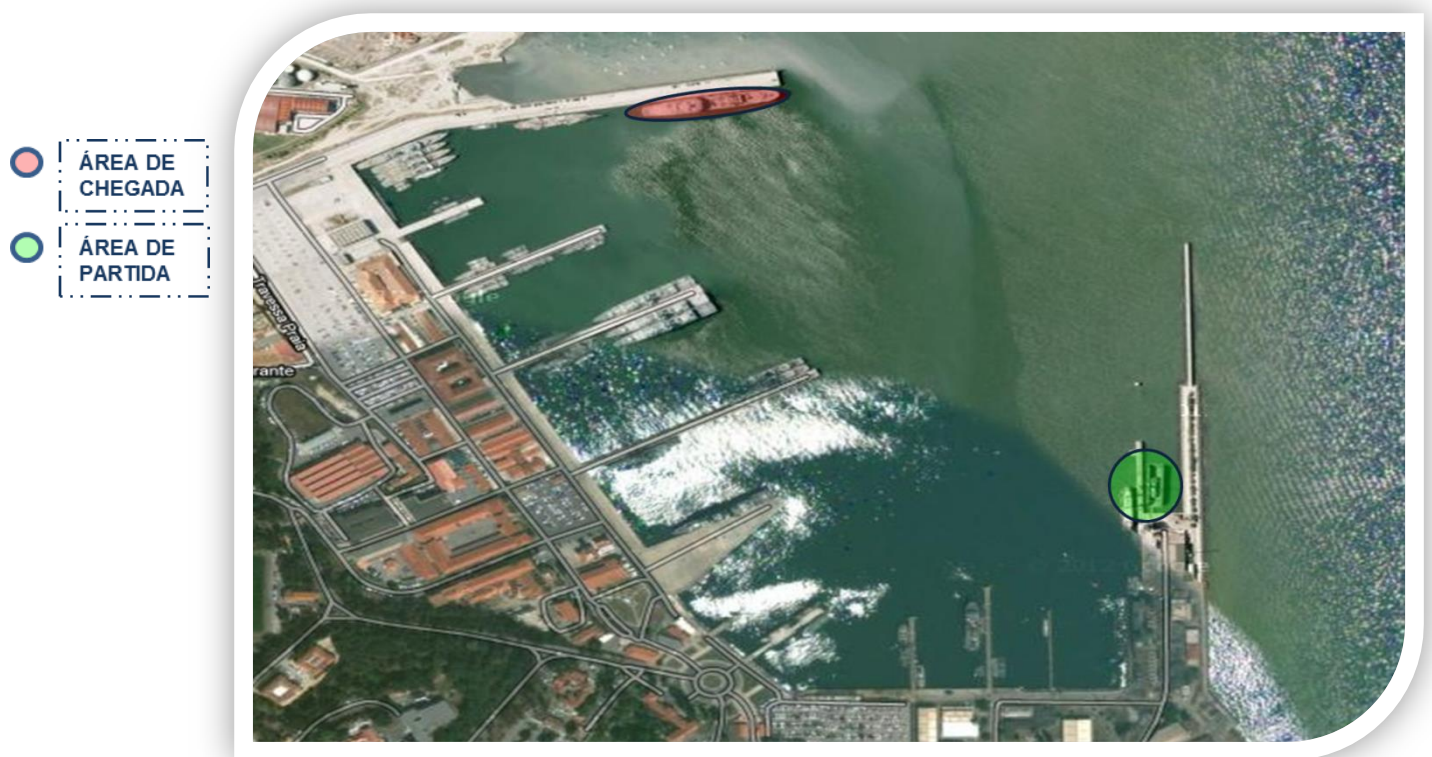


Figura 7-3 Áreas para Mergulhadores

f. Grupo de segurança do exercício:

1) Função:

- a) Proceder à vedação e segurança da área de exercício durante todo o período do exercício;
- b) Controlo de entrada de pessoal na área de exercício.

2) Posição:

- a) Pré-estabelecida pelo ODT, conforme Figura 7-4.

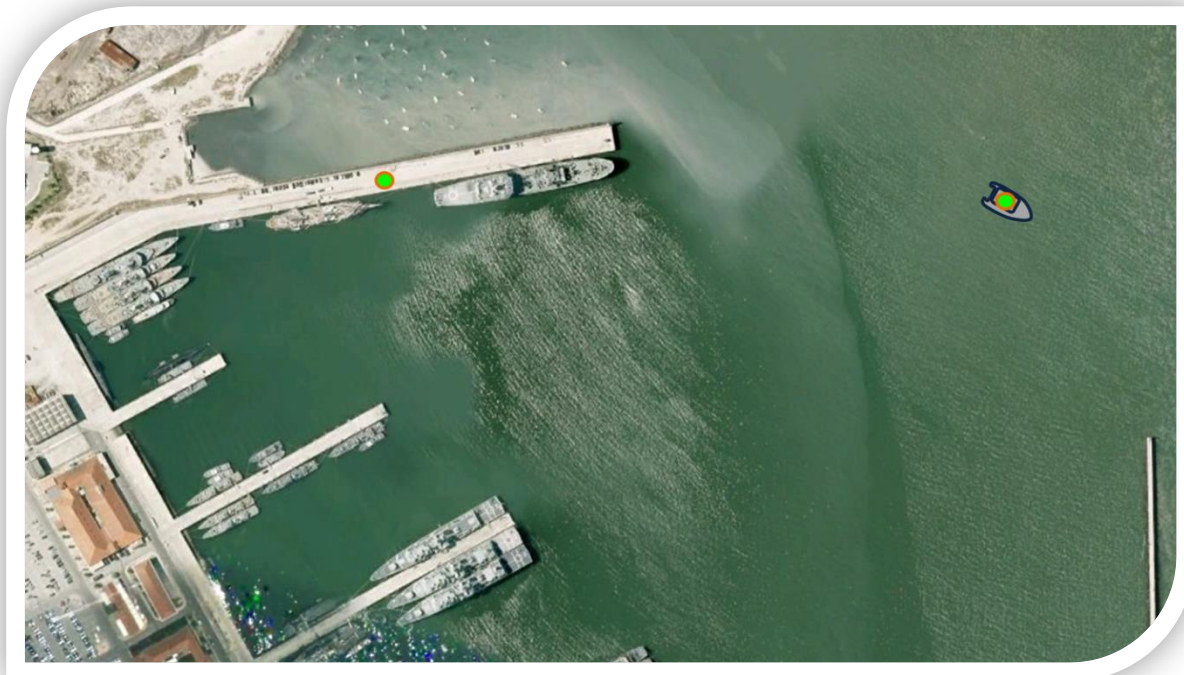


Figura 7-4 Disposição Segurança do Exercício

g. Grupo de segurança de Mergulhadores:

1) Função:

- a) Garantir a integridade física dos mergulhadores na água;
- b) Proceder à vedação da área de mergulho a quaisquer embarcações não autorizadas;
- c) Controlar os tempos de mergulho e repouso admissível para cada mergulhador.
- d) Manter comunicações permanentes com o ODT.

2) Posição:

- a) Pré-estabelecida pelo ODT, conforme Figura 7-5, alterada sempre que o grupo considere pertinente para melhor controlo da área.



GRUPO DE
SEGURANÇA

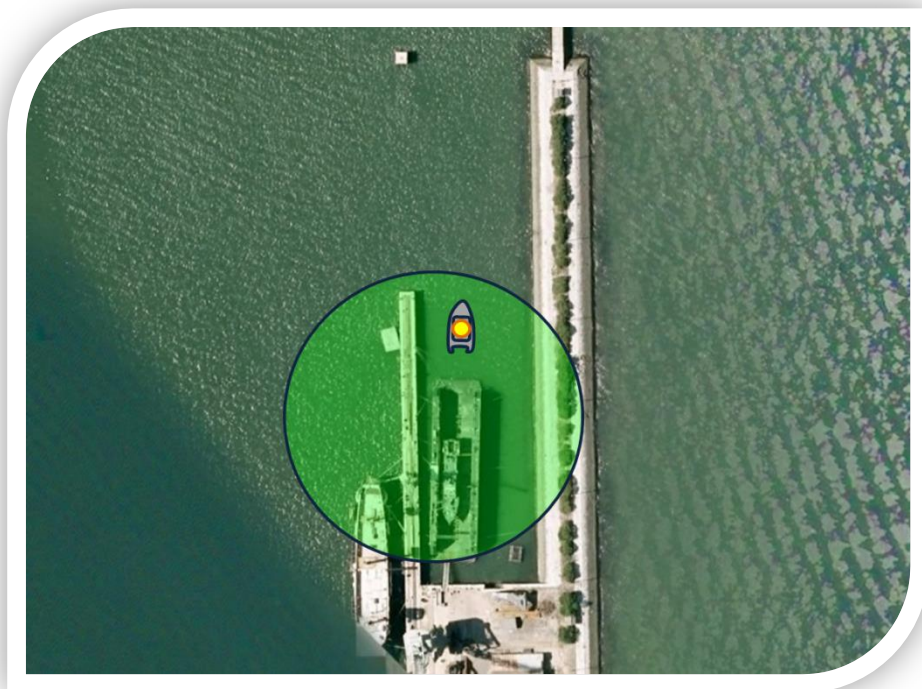


Figura 7-5 Disposição Grupo de Segurança de Mergulhadores

7.2 Trajectórias da Ameaça

Por forma a garantir um controlo da real capacidade de avistamentos (despistando falsos positivos), assim como uma maior dinâmica na capacidade de planeamento, foram pré-definidas 03 (três) trajectórias para os mergulhadores, conforme Figura 7-6, e em cada trajectória, especificados pontos para a exposição do mergulhador (vinda à tona de água, expondo parcialmente o corpo), conforme Tabela 7-1.

IMPORTANTE: O grupo de defesa não deve possuir, em qualquer fase do planeamento ou experiência, conhecimento das trajectórias ou pontos de exposição dos mergulhadores.

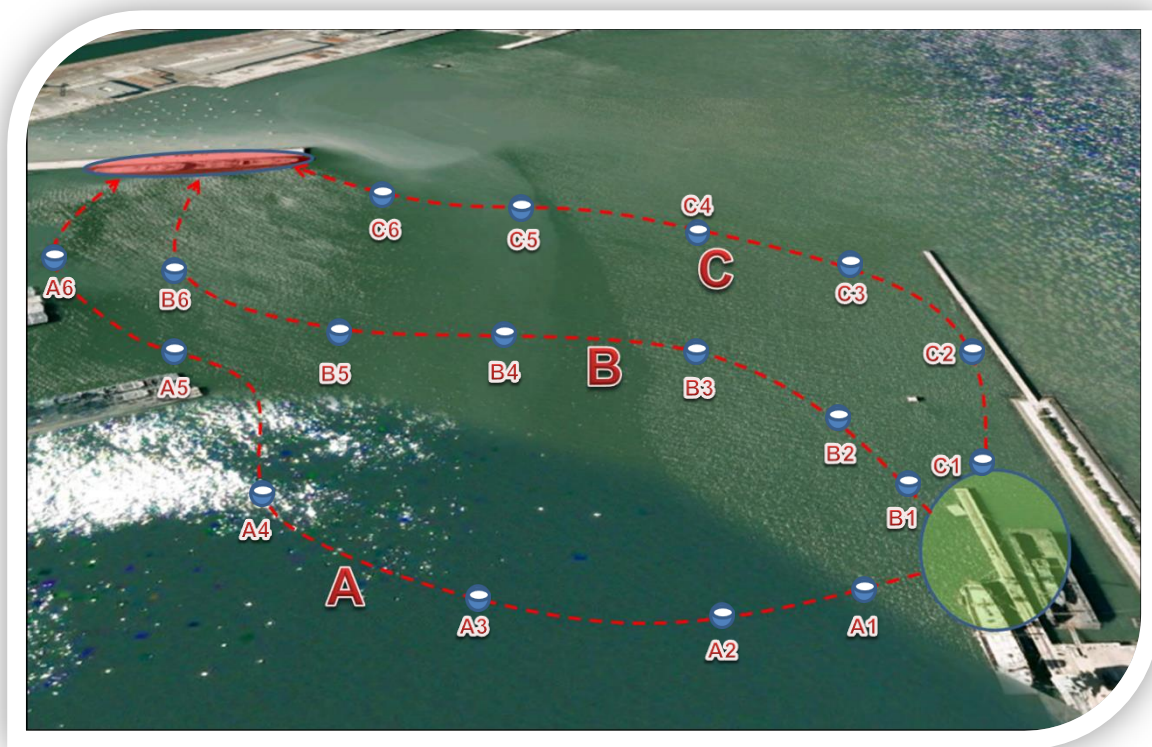


Figura 7-6 Trajectórias Pré-definidas de Mergulho

A		B		C	
A1	38°40'02.99''N 009°08'33.85''W	B1	38°40'05.04''N 009°08'33.06''W	C1	38°40'05.14''N 009°08'31.23''W
A2	38°40'02.58''N 009°08'37.39''W	B2	38°40'07.39''N 009°08'34.63''W	C2	38°40'09.13''N 009°08'30.96''W
A3	38°40'04.01''N 009°08'40.93''W	B3	38°40'09.54''N 009°08'36.99''W	C3	38°40'13.53''N 009°08'31.75''W
A4	38°40'08.41''N 009°08'42.50''W	B4	38°40'10.36''N 009°08'40.40''W	C4	38°40'15.27''N 009°08'35.94''W
A5	38°40'12.30''N 009°08'48.66''W	B5	38°40'13.33''N 009°08'44.73''W	C5	38°40'07.63''N 009°08'41.19''W
A6	38°40'17.01''N 009°08'53.12''W	B6	38°40'16.50''N 009°08'49.31''W	C6	38°40'18.34''N 009°08'45.77''W

Tabela 7-1 Coordenadas de Mergulho

8 SEGURANÇA

- a. Todo o pessoal envolvido na experiência deverá estar registado na Tabela de Registo de Pessoal, conforme Anexo F, e na posse dos elementos do Grupo de Segurança do Exercício;

- b. Todo o Pessoal envolvido na experiência deverá possuir e transportar de forma visível, durante todo o período da experiência, um cartão de identificação / acesso da experiência, conforme Anexo G.

9 PROCEDIMENTOS

9.1 Ciclo de Detecção

- a. Oficial Director do Teste dá ordem de início do exercício;
- b. Grupo de Anotadores “A” inicia o preenchimento periódico, de hora a hora, e/ou sempre que as condições METEO se alterem, do MCD1 (Anexo A).
- c. Observadores iniciam períodos de vigilância para sector atribuído, através do sensor pré-estabelecido pelo ODT;
- d. ODT determina que um dos alvos (mergulhadores), com horário e trajecto previamente determinados, inicie deslocamento, e comunica ao grupo de supervisão;
- e. Supervisores iniciam preenchimento de MCD3 (Anexo D);
- f. Alvo determinado inicia deslocamento;
- g. Após contacto visual com alvo, o observador, informa o anotador da distância, azimuth e se detectou / identificou o alvo.
- h. O anotador preenche o MCD2 (Anexo B) e informa o grupo de supervisão do evento.
- i. Supervisores efectuam registo do MCD4 (Anexo E);
- j. As acções dos pontos g, h e i, repetem-se para cada avistamento por parte dos observadores;
- k. Após terminado o deslocamento / estabelecido contacto entre o mergulhador e o navio, o mergulhador inicia período de repouso;
- l. Supervisores efectuam registo do MCD3 (Anexo D).

9.2 Tarefas às Subunidades

9.2.1 Oficial Director de Teste

- a. Dar início e conduzir a experiência;

- b. Garantir o cumprimento, por parte de todos os grupos, do planeamento temporal da experiência, conforme a Tabela 3-1 Fita de Tempo;
- c. Dar a ordem, à hora pré-determinada, conforme a Tabela 3-1 Fita de Tempo, para se dar início do mergulho, especificando qual o mergulhador e trajectória a seguir;
- d. Manter o controlo positivo das acções dos vários grupos;
- e. Decidir / actuar perante quaisquer incidentes, eventos que possam ocorrer durante a experiência;
- f. Solicitar / providenciar apoio médico, junto das entidades competentes, em caso de emergência;
- g. Todas as comunicações deverão ser efectuadas em conformidade com o Plano de Comunicações (Anexo C).

9.2.2 Observadores

- a. Os observadores mantêm observação permanente nos sectores atribuídos;
- b. Em caso de contacto visual com uma ameaça (mergulhador), informa o anotador que de qual a distância, azimute e se detectou / identificou o mergulhador / bóia;
- c. Todas comunicações deverão ser efectuadas em conformidade com o Plano de Comunicações (Anexo C);
- d. As rendições deverão ser efectuadas em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de Tempo.

9.2.3 Anotadores

9.2.3.1 Grupo A

- a. Preencher o preenchimento do MCD1 (Anexo A) a cada hora, ou sempre que as condições METOC se alterem;
- b. As rendições deverão ser efectuadas em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de Tempo.

9.2.3.2 Grupo B

- a. Cada anotador do grupo B, de serviço, deverá acompanhar 01 (um) observador do grupo de defesa portuária de serviço;
- b. Na eventualidade de o observador que acompanha, efectuar detecção, o anotador preenche o MCD2 (anexo B) com os dados providenciados pelo observador;

- c. Após cada novo registo realizado no MCD2 (Anexo B), o anotador comunica ao grupo de supervisão a ocorrência da detecção e transmite os dados do MCD2 (Anexo B);
- d. Todas comunicações deverão ser efectuadas em conformidade com o Plano de Comunicações (Anexo C);
- e. As rendições deverão ser efectuadas em simultâneo com os observadores do grupo de defesa portuária, em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de Tempo.

9.2.4 Supervisores

- a. 01 (um) supervisor acompanha em permanência o ODT;
- b. 03 (binómios) de supervisores, supervisionam os 09 (nove) observadores do grupo de defesa portuária de serviço, cada binómio é atribuído a um conjunto de 03 (três) observadores (01 AN/PVS-14, 01 F5050 e 01 SOPHIE-R);
- c. Desde o início da experiência e sempre que o ODT envia a ordem para início de mergulho, o supervisor efectua registo do MCD3 (Anexo D);
- d. Os supervisores, responsáveis pelos observadores, recebem as informações dos anotadores e efectua registo da MCD4 (Anexo E);
- e. Os supervisores são responsáveis estabelecerem um elo de ligação entre o ODT e qualquer grupo, na ocorrência de um incidente ou evento;
- f. Todas as comunicações deverão ser realizadas em conformidade com o Plano de Comunicações (Anexo C);
- g. As rendições deverão ser efectuadas em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de Tempo.

9.2.5 Mergulhadores

- a. Em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de Tempo, o(s) Mergulhador(es) designado(s), deve(m) se encontrar prontos e equipados para iniciar mergulho na janela de tempo definida;
- b. À ordem do ODT, o mergulhador verifica, via rádio, que o grupo de segurança de mergulhadores se encontra pronto a actuar, e em caso afirmativo inicia mergulho, seguindo a trajectória pré-determinada pelo ODT;
- c. Durante o mergulho, o mergulhador efectua o percurso, apoiando-se na linha guia, conforme Figura 9-;

d. Após contacto com uma bóia vermelha, o mergulhador, de acordo com a Tabela 9-1, toma uma de duas acções:

- 1) Sobe à superfície, conforme Figura 9-1, expondo-se parcialmente, regista o momento em que inicia a exposição no cronómetro, retorna a mergulhar 30s após o início, e continua o percurso subaquático;
- 2) Faz subir a bóia alternativa que se encontra peada no lastro, expondo-a à superfície, regista o momento em que inicia a exposição no cronómetro, recupera a bóia para o fundo 30s após o início da exposição, volta a pear a bóia alternativa ao lastro, e continua o percurso subaquático.

		Nº DE MERGULHO																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ITINERÁRIO	BÓIAS	B	A	A	C	B	C	C	A	A	A	B	A	B	A	C	B	B	C	A	B	B	A	C	B	C
		B1,B5	A2	A4	C3,C6	B2	C1	C4	A3,A5	C2,C3	A1,A6	A5	B3	A3,A4	C5,C6	B4,B5	B1,B2	C2	A1	B6	B3,B4	A2,A3	C4,C5	B5	C6	
		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
ITINERÁRIO	BÓIAS	A	C	B	C	A	B	B	A	A	B	C	A	C	B	C	A	B	C	B	A	B	C	A	C	
		A6	C4	B2	C1,C2	A5,A6	B1,B2	B3,B4	A3,A6	A1,A2	B5,B6	C6	A2	C4,C5	B3	C4	A2	B2	C5	B3	A3	B6	C3,C6	A4	C1	

Tabela 9-1 Planeamento de vindas à superfície com Bóias

e. Quando termina o percurso e efectua contacto com o navio, o mergulhador procede à saída da água, comunica o término do mergulho ao grupo de supervisão, e inicia período de repouso até à hora do novo evento programado conforme Tabela 3-1 Fita de Tempo.

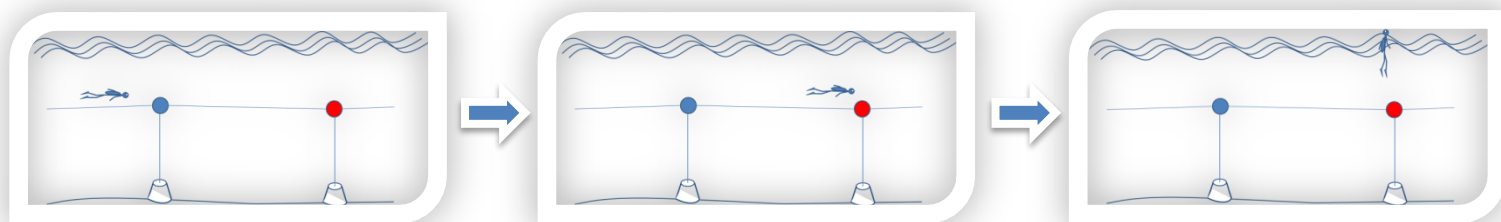


Figura 9-1 Método de Seguimento de Mergulho

9.2.6 Elementos de Segurança do Exercício

- a. Vedar a entrada no espaço físico delineado para a realização da experiência a todo o pessoal não pertencente / envolvido na mesma;

- b. Caso seja solicitada entrada por elemento não pertencente / envolvido na experiência, deverá ser comunicado ao ODT, e os elementos de segurança deverão proceder de acordo com as instruções do ODT;
- c. Todas comunicações deverão ser efectuadas em conformidade com o Plano de Comunicações (Anexo C);
- d. As rendições deverão ser efectuadas em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de Tempo, e sempre que possível, os elementos que irão efectuar a rendição, deverão se encontrar no local 10min antes do período previsto.

9.2.7 Elementos de Segurança de Mergulhadores

- a. Vedar toda a área molhada, a embarcações e pessoal que possa interagir / prejudicar as operações de mergulho;
- b. Providenciar vigilância permanente durante as operações de mergulho e garantir a integridade e segurança dos mergulhadores a efectuar mergulho;
- c. Prestar cuidados médicos de 1ª ordem em caso de emergência;
- d. Comunicar qualquer incidente ao grupo de supervisão e actuar conforme as instruções do mesmo;
- e. Os elementos de segurança de mergulhadores devem se encontrar na água e prontos para efectuar as tarefas atribuídas, sempre que operações de mergulho estiverem a decorrer;
- f. Todas comunicações deverão ser efectuadas em conformidade com o Plano de Comunicações (Anexo C);
- g. As rendições deverão ser efectuadas em conformidade com a Tabela 3-1 Fita de Tempo.

10 REFERÊNCIAS

NIL

11 ANEXOS

Anexo A – Modelo de COLETA de Dados 1 (MDC1)

Anexo B – Modelo de COLETA de Dados 2 (MDC2)

Anexo C – Plano de Comunicações

Anexo D – Modelo de COLETA de Dados 3 (MCD3)

Anexo E – Modelo de COLETA de Dados 4 (MCD4)

Anexo F – Relação de Posições de Bóias

Anexo G – Tabela de Registo de Pessoal

Anexo H – Cartão de Identificação

ANEXO A – Modelo de COLETA de Dados 1 (MDC1)

[illegible]

ANEXO B – Modelo de COLETA de Dados 2 (MDC2)

[illegible]

ANEXO C – Plano de Comunicações

FREQPLAN		
CIRCUITO	LINHA	OBSERVAÇÕES
COMANDO	1	Linha atribuída ao ODT - utilizada para reportar situações de emergência ou contactar ODT relativamente a eventos específicos
SUPERVISÃO 1	2	Linha atribuída ao supervisor que acompanha ODT - redundância em caso de contacto com ODT
SUPERVISÃO 2.1	3	Linha Utilizada para comunicar com o supervisor encarregado pelo trinómio Nº1 de Observadores (1º Observador C\Sensor AMPVS-14, 1º Observador C\Sensor F5050 e 1º Observador C\Sensor SOPHIE-R)
SUPERVISÃO 2.2	4	Linha Utilizada para comunicar com o supervisor encarregado pelo trinómio Nº2 de Observadores (12º Observador C\Sensor AMPVS-14, 2º Observador C\Sensor F5050 e 2º Observador C\Sensor SOPHIE-R)
SUPERVISÃO 2.3	5	Linha Utilizada para comunicar com o supervisor encarregado pelo trinómio Nº3 de Observadores (3º Observador C\Sensor AMPVS-14, 3º Observador C\Sensor F5050 e 3º Observador C\Sensor SOPHIE-R)
SEGURANÇA EXER	6	Linha atribuída ao Grupo de Segurança do Exercício
SEGURANÇA Mergulhadores	7	Linha atribuída ao Grupo de Segurança de Mergulhadores

Instruções de leitura:

Coluna "CIRCUITO" – Designa o nome da Linha

Coluna "LINHA" – Designa o número do Canal do Rádio

Coluna "OBSERVAÇÕES" – Descreve para que serve a respetiva Linha

GRELHA DE ESCUTAS										
LINHA	ODT	SUPERVISOR 1	SUPERVISORES 2.1	SUPERVISORES 2.2	SUPERISORES 2.3	SEGURANÇA EXER	ANOTADORES 1	ANOTADORES 2	ANOTADORES 3	SEGURANÇA MERGULHADORES
COMANDO	X	-	W	W	W	W	-	-	-	W
SUPERVISÃO 1	-	X	W	W	W	W	-	-	-	W
SUPERVISÃO 2.1	W	W	X	-	-	-	X	-	-	-
SUPERVISÃO 2.2	W	W	-	X	-	-	-	X	-	-
SUPERVISÃO 2.3	W	W	-	-	X	-	-	-	X	-
SEGURANÇA EXER	W	W	-	-	-	-	-	-	-	W
SEGURANÇA MERGULHADORES	W	W	-	-	-	W	-	-	-	X

X – GUARDAR COM REGISTO (ESCUTA PERMANENTE)
 W – QUANDO NECESSÁRIO

ANEXO D – Modelo de COLETA de Dados 3 (MCD3)

[illegible]

ANEXO E – Modelo de COLETA de Dados 4 (MCD4)

NOME SUPERVISOR	
-----------------	--

SERVIÇO	
GDH INICIO	
GDH FIM	

OBSERVADORES	
--------------	--

[illegible][illegible][illegible][illegible]

ANEXO F – Relação de Posições de Bóias

RELAÇÃO POSIÇÕES																	
POS1						POS2						POS3					
A1	DISTÂNCIA		B1	DISTÂNCIA		C1	DISTÂNCIA		A1	DISTÂNCIA		B1	DISTÂNCIA		C1	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A2	DISTÂNCIA		B2	DISTÂNCIA		C2	DISTÂNCIA		A2	DISTÂNCIA		B2	DISTÂNCIA		C2	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A3	DISTÂNCIA		B3	DISTÂNCIA		C3	DISTÂNCIA		A3	DISTÂNCIA		B3	DISTÂNCIA		C3	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A4	DISTÂNCIA		B4	DISTÂNCIA		C4	DISTÂNCIA		A4	DISTÂNCIA		B4	DISTÂNCIA		C4	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A5	DISTÂNCIA		B5	DISTÂNCIA		C5	DISTÂNCIA		A5	DISTÂNCIA		B5	DISTÂNCIA		C5	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A6	DISTÂNCIA		B6	DISTÂNCIA		C6	DISTÂNCIA		A6	DISTÂNCIA		B6	DISTÂNCIA		C6	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
POS4						POS5						POS6					
A1	DISTÂNCIA		B1	DISTÂNCIA		C1	DISTÂNCIA		A1	DISTÂNCIA		B1	DISTÂNCIA		C1	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A2	DISTÂNCIA		B2	DISTÂNCIA		C2	DISTÂNCIA		A2	DISTÂNCIA		B2	DISTÂNCIA		C2	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A3	DISTÂNCIA		B3	DISTÂNCIA		C3	DISTÂNCIA		A3	DISTÂNCIA		B3	DISTÂNCIA		C3	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A4	DISTÂNCIA		B4	DISTÂNCIA		C4	DISTÂNCIA		A4	DISTÂNCIA		B4	DISTÂNCIA		C4	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A5	DISTÂNCIA		B5	DISTÂNCIA		C5	DISTÂNCIA		A5	DISTÂNCIA		B5	DISTÂNCIA		C5	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A6	DISTÂNCIA		B6	DISTÂNCIA		C6	DISTÂNCIA		A6	DISTÂNCIA		B6	DISTÂNCIA		C6	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
POS7						POS8						POS9					
A1	DISTÂNCIA		B1	DISTÂNCIA		C1	DISTÂNCIA		A1	DISTÂNCIA		B1	DISTÂNCIA		C1	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A2	DISTÂNCIA		B2	DISTÂNCIA		C2	DISTÂNCIA		A2	DISTÂNCIA		B2	DISTÂNCIA		C2	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A3	DISTÂNCIA		B3	DISTÂNCIA		C3	DISTÂNCIA		A3	DISTÂNCIA		B3	DISTÂNCIA		C3	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A4	DISTÂNCIA		B4	DISTÂNCIA		C4	DISTÂNCIA		A4	DISTÂNCIA		B4	DISTÂNCIA		C4	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A5	DISTÂNCIA		B5	DISTÂNCIA		C5	DISTÂNCIA		A5	DISTÂNCIA		B5	DISTÂNCIA		C5	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	
A6	DISTÂNCIA		B6	DISTÂNCIA		C6	DISTÂNCIA		A6	DISTÂNCIA		B6	DISTÂNCIA		C6	DISTÂNCIA	
	AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE			AZIMUTE	


*PREENCHER COM OS DADOS REAIS, AQUANDO DA MONTAGEM DA EXPERIÊNCIA

ANEXO G – Tabela de Registo de Pessoal

TABELA DE REGISTO DE PESSOAL					Nº CARTÃO	NII	NOME
ODT		1º ODT					
		2º ODT					
OBSERVADORES	1º GRUPO	AN\PVS-14	1º OBSERVADOR				
			2º OBSERVADOR				
			3º OBSERVADOR				
		F5050	1º OBSERVADOR				
			2º OBSERVADOR				
			3º OBSERVADOR				
		SOPHIE-R	1º OBSERVADOR				
			2º OBSERVADOR				
			3º OBSERVADOR				
	2ºGRUPO	AN\PVS-14	1º OBSERVADOR				
			2º OBSERVADOR				
			3º OBSERVADOR				
		F5050	1º OBSERVADOR				
			2º OBSERVADOR				
			3º OBSERVADOR				
		SOPHIE-R	1º OBSERVADOR				
			2º OBSERVADOR				
			3º OBSERVADOR				
MERGULHADORES		1º MERGULHADOR (M1)					
		2º MERGULHADOR (M2)					
		3º MERGULHADOR (M3)					
		4º MERGULHADOR (M4)					
		5º MERGULHADOR (M5)					
		6º MERGULHADOR (M6)					
ANOTADORES	1º GRUPO	GRUPO A	1º ANOTADOR				
			2º ANOTADOR				
		GRUPO B	AN\PVS-14	1º ANOTADOR			
				2º ANOTADOR			
				3º ANOTADOR			
			F5050	1º ANOTADOR			
				2º ANOTADOR			
				3º ANOTADOR			
			SOPHIE-R	1º ANOTADOR			
				2º ANOTADOR			
				3º ANOTADOR			
		2º GRUPO	GRUPO A	1º ANOTADOR			
	2º ANOTADOR						
	GRUPO B		AN\PVS-14	1º ANOTADOR			
				2º ANOTADOR			
				3º ANOTADOR			
			F5050	1º ANOTADOR			
		2º ANOTADOR					
3º ANOTADOR							
SOPHIE-R		1º ANOTADOR					
		2º ANOTADOR					
		3º ANOTADOR					

SUPERVISORES	1º GRUPO	SUPERVISOR 1				
		SUPERVISOR 2.1	1º SUPERVISOR			
			2º SUPERVISOR			
		SUPERVISOR 2.2	1º SUPERVISOR			
			2º SUPERVISOR			
		UPERVISOR 2.3	1º SUPERVISOR			
			2º SUPERVISOR			
	2º GRUPO	SUPERVISOR 1				
		SUPERVISOR 2.1	1º SUPERVISOR			
			2º SUPERVISOR			
		SUPERVISOR 2.2	1º SUPERVISOR			
			2º SUPERVISOR			
		UPERVISOR 2.3	1º SUPERVISOR			
			2º SUPERVISOR			
GRUPO DE SEGURANÇA EXER	1º GRUPO	GRUPO CAIS	1º SEGURANÇA			
			2º SEGURANÇA			
		GRUPO BOTE	1º SEGURANÇA			
			2º SEGURANÇA			
	2º GRUPO	GRUPO CAIS	1º SEGURANÇA			
			2º SEGURANÇA			
GRUPO DE SEGURANÇA DE MERGULHADORES	1º GRUPO	1º ELEMENTO				
		2º ELEMENTO				
		3º ELEMENTO				
		4º ELEMENTO				
	2º GRUPO	1º ELEMENTO				
		2º ELEMENTO				
		3º ELEMENTO				
		4º ELEMENTO				

ANEXO H – Cartão de Identificação

FOTO	MARINHA  PORTUGUESA	
	PROJECTO SAFEPORT	
	EXPERIÊNCIA REAL - SENSORES ELECTO-ÓPTICOS	
	Nº CARTÃO	NII
	NOME	
ASSINATURA DO TITULAR		
FUNÇÃO A DESEMPENHAR		O Oficial Director do Teste